


张建丰 编著

# 活性污泥法工艺控制

HUOXINGWUNIFA
GONGYIKONGZHI






目前在污水、废水处理工艺中担当重要角色的活性污泥法处理工艺已具有上百年的历史了，可以说是非常成熟的工艺，教材和参考书籍也很多。但是，纯粹来源于实践方面的参考指导书籍却相对较少。所以，很多水处理专业人员拿着教材和一些参考书籍却很难对实际运行工艺故障给出明确的答案。本书作者以不同的视角，完全通过实践经验来解答活性污泥法运行工艺中的故障原理、对策、持续改善等问题，通过通俗易懂的语句和详尽的分析方法，使读者能够在掌握理论知识的情况下，迅速补充实践经验方面的不足。

**图书在版编目（CIP）数据**

活性污泥法工艺控制/张建丰编著．—北京：中国电力出版社，2007
（筑龙网图书系列）
ISBN 978-7-5083-4753-0

Ⅰ．活…　Ⅱ．张…　Ⅲ．活性污泥处理　Ⅳ．X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 155359 号

中国电力出版社出版发行
北京三里河路6号　100044　http：//www.cepp.com.cn
责任编辑：王晓蕾　　责任印制：陈焊彬　　责任校对：崔燕
北京丰源印刷厂印刷·各地新华书店经售
2007年1月第1版·第1次印刷
1000mm×1400mm　1/16开本·15.25印张·290千字
定价：29.80元

# 前　言

中国作为发展中国家，在保持经济快速增长的同时，也使环境遭到了严重的污染。在水、气、固废三大类污染中，水的污染防治占据重要的位置，也是处理工艺最繁多和复杂的一大类污染。奋斗在水污染防治一线的所有环保人士，通过他们的努力为水污染防治工作做出了卓越贡献。这不但是对中国，也是对世界环境做出了贡献。

水处理工作具有较强的专业技术性，特别是实践总结尤为重要。也是这个原因，大多数在校和刚毕业的大学生会觉得学的东西和实践工作存在较大的差距，究其原因还是学校的教科书太注重理论，没有将在实际工作中可能会遇到的问题提到日程上。有的概念、要点也没有详细、通俗、全面地阐明，这也正是大家在遇到实际问题时即使拿出学过的教科书，也很难找到答案的原因。

在笔者和众多同行交流的过程中，深刻体会到了本行业实践知识的重要性。尤其是搞工艺控制的，很多同行都没能把基本概念搞清楚，提出来的问题虽然相当简单，但是由于基本概念没有掌握好，解释起来非常困难。由此，很多刚入行的同行会觉得无法通过实践经验的积累来提高自己的专业技术水平，总觉得从业很长时间也没有什么长进。有道是"师傅领进门，修行在个人"，这个"师傅"还是非常重要的，是你少走弯路的重要保证，也是指明你方向的人。

本书立足于实践，剖析活性污泥法运行工艺中涉及的所有基本概念，从独特的角度给读者以概念上的解释，更通过大量实践运行中的故障举例分析，告诉读者故障原因及对策。为了让读者易于弄懂书中的概念，书中采用了大量图片、表格予以说明，力求使即便是刚毕业的学生拿到本书后，也能够从容应对活性污泥法工艺控制中遇到的各种问题。

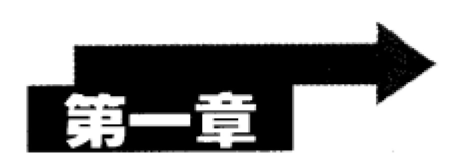
作者希冀本书对工艺控制方面的一线操作管理人员能有所裨益，也为国家环保事业贡献一点微薄的力量。

本书共分8章，简单涉及部分物化处理的常见故障处理方法，重点阐述了活性污泥法的基本概念和故障原理及其相应处理方法。

编　者

# 目　录






# 活性污泥法概述

废水处理方法分为物化处理和生化处理，在生化处理中又分为厌氧处理和好氧处理，而在好氧处理中又分为生物膜法和活性污泥法。本书重点要介绍的是好氧处理中的活性污泥法。这一大类的处理方法中，目前存在着众多的工艺变形，但是其本质、基本原理、控制参数和方法等不会改变。所以，本书通过对传统活性污泥法工艺的各控制参数、运行故障等加以阐述、分析，以点带面的对活性污泥法处理工艺的本质进行阐述。

本书重点是对活性污泥法的概念理解、操作方法、故障改善等的阐述，其中涉及的曝气池、二沉池等传统活性污泥法的构筑物，虽然在有的活性污泥工艺变形中可能没有设置，但是其活性污泥法的运行及控制原理是共通的，我们需要理解的是原理本身，而不是具体的某个构筑物。这是读者在阅读本书时需要注意的。在活性污泥法的章节中力求展现活性污泥的基本原理，使读者具备整体分析活性污泥工艺故障的能力。

## 第一节　活性污泥法的主体——微生物

大家都知道，好氧处理的主体就是微生物，而微生物的主体则是各种细菌。

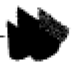
为什么使用以细菌为主体的微生物来作为好氧处理的主体呢？这还要从降解对象来加以说明。利用好氧处理的主要目的是去除污水、废水中的有机物，也就是在污水、废水处理工艺中讲到的COD和BOD概念，通过微生物的代谢过程将有机物分解为生物能量和无机物而被去除掉。而对于大量有机物的处理，以细菌为代表的微生物在处理效果和成本上具有明显的优势，所以众多的污水、废水处理厂皆运用生化系统来处理其中的有机污染物。

### 一、微生物的特征

#### 1. 微生物的种类

微生物，顾名思义是指形体微小，只有在显微镜下才能加以辨别的生物，通常指真菌、细菌、立克次体、衣原体、支原体、病毒等，但从广义上讲还包括原后生动物以及藻类等。另外，本书也把部分环节动物、节肢动物列为微生物加以讨论。

从实践管理和操作的角度，我们更需要注意以细菌为代表的这一大类有机物处理主体，而没有必要对细菌这一大门类去探讨具体的单个种类及名称，这属于医学研究的范畴。因此，本书只是将细菌作为一个大类来加以分析，也就



是将它作为一个整体。只是对于微生物细菌的观察分析，由于细菌个体过小，观察多有不便，所以在实际运用中，通常将易于理解和掌握的原后生动物作为间接分析活性污泥主体细菌的观察分析工具。

2. 微生物的形态

（1）细菌。细菌形态极小，缺乏一定的形态特征，因此单靠观察形态来进行分类是很困难的，较多采用的是根据其生理和生化特性来进行分类。其中，革兰氏染色法在细菌分类上占有重要的地位。表 1－1 为细菌分类和鉴别所列的各项性质。

表 1－1　　细菌的鉴定试验

| | |
|---|---|
| 细菌的形态 | 细胞的形状（球形、杆形、螺旋形）、大小<br>运动能力和鞭毛（极毛、周毛）<br>孢子（形状、大小），孢子囊（孢子的位置）<br>细胞繁殖的方式（分裂、二倍体、念珠状、丝状）<br>染色性质（革兰氏染色、抗酸性染色、异染粒） |
| 培养时的特征 | 菌落的性质（增长的程度、形状、表面特点、周围的形状、颜色、光泽）<br>斜面培养的性质（增长的程度、形状、颜色、性质）<br>液体培养的性质（增长的程度、皮膜、沉淀、颜色） |
| 生物化学性质 | 硝酸盐的还原，脱氮，产酸，MR 试验，甲基乙基甲醇的生成，吲哚的生成，硫化氢的生成，淀粉的水解，明胶的水解，可利用的含碳化合物，可利用的含氮化合物，糖类生成酸，氧化发酵试验，色素生成 |
| 生理学性质 | 生长温度，需氧化程度（好氧或厌氧），生长繁殖 pH 值，高渗溶液中的成长，血清学性质（抗原分析） |
| 生态学特征 | 生活场所，分布情况，寄生性，致病性 |



细菌的形态并不是固定的，而是根据培养时间、营养的好坏、氧浓度等条件的不同而有比较大的变化。在实际运行操作中，通常可以理解为幼龄细菌比老化细菌大（例如：经过 4h 培养的枯草杆菌比 24h 培养的要大 5～7 倍）。细菌常见形态如图 1－1 所示。

图 1－1 所示的细菌的形态分类类似于医学界的细菌形态分类。事实上，在污水 、废水运行操作中并不需要这样细致的分类，也不符合实际情况。所以，重要的是要知道细菌这个大类是微生物的主体这一概念。

（2）真菌。真菌是属于低等植物的一个门，即菌藻植物门，是和细菌同样重要的微生物群之一。真菌是由孢子发芽开始逐渐伸长菌丝呈丝状，而且其中很多种类是经再次分支后，由许多菌丝聚合在一起形成菌丝体，在显微镜观察时可以看到，只是鉴别的时候比较困难，与通常的菌胶团不易区别。

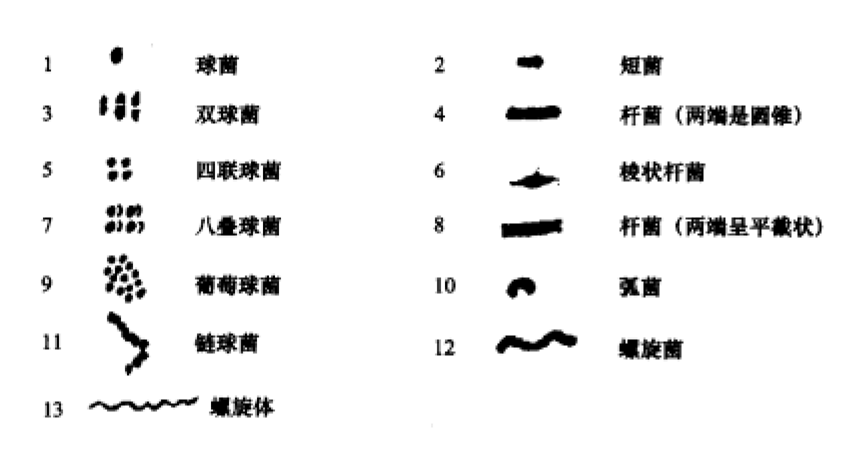



图 1－1　细菌的形状

（3）病毒。一般认为病毒是生物体和非生物体的中间体，是在普通光学显微镜下无法观察到的最小微生物，靠寄生在细菌体内来繁殖。

（4）藻类。藻类是属于一种水生生物，具有叶绿素 α，所以可以进行光合作用产生氧气。藻类细胞的大小一般为 5～50μm 。污水 、废水处理中所产生的藻类通常在生物膜法中的上层生物膜中以及在活性污泥法二沉池中比较常见，其对处理水质的指标优劣作用比较明显。

（5）原生动物。原生动物也称为原虫，与多细胞的后生动物不同，是一种单细胞动物。

原生动物可分为如下四个纲：

a. 依靠一至几根鞭毛运动的鞭毛虫纲，如：侧跳虫、屋滴虫；

b. 依靠伪足运动的肉足虫纲，如：肉足虫、变形虫；

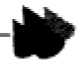
c. 没有运动能力但能形成孢子而寄生的孢子虫纲，如：吸管虫，钟虫；

d. 借助于纤毛运动并具有大核和小核的纤毛虫纲，如：游仆虫、尾棘虫。

在这些原生动物中，孢子虫纲是属于寄生性的，而且与环境没有直接的关系。

通常的原生动物呈叶片状、球形、圆锥形等形状，但通常呈不对称形。其大小差别也很大，最小者 5μm 左右，最大的甚至可达 3mm，一般在 50～100μm 之间的比较多。另外，原生动物并不是通过细胞的任何部位都能摄取食物的，而只能通过胞口摄取，这与细菌不一样，细菌是通过细胞壁渗透入营养源的。原生动物中重要的伸缩泡结构可将体内形成的多余水分排出体外，也可将代谢过程中产生的废物排出体外，其位置和大小，因种类不同而有所不同。原生动物作为重要的水处理指标生物是工艺控制中重要的参考指标。

（6）微型后生动物。微型后生动物中有很多种类是属于袋形动物、环节动物、节肢动物的。袋形动物中有轮虫纲、腹毛虫纲、线形虫纲。其中，轮虫纲广泛存在于水和潮湿的土壤中，体长一般在 100～150μm。咀嚼器的存在是轮虫



纲的重要特征，也是分类的重要依据。轮虫作为污水 、废水处理后段工艺中经常出现的指标后生动物，在实际系统操作中具有重要的作用，是需要重点掌握和认识的。

**二、微生物的代谢**

1. 微生物的化学作用

自然界存在着各种各样的微生物，它们能够适应不同的生长环境，所以具备某些独特的生长繁殖功能。在微生物降解污染物质能力方面，可以发现微生物具备的化学作用尤其明显，其化学作用表现在多个方面。微生物的生命过程中，伴随发生的化学作用，促进了微生物有效利用周围环境中的可利用物质，并以其作为自身生长繁殖的基础物质。微生物的化学作用主要包括氧化作用、还原作用、脱羧作用、脱氨作用、水解作用、脂化作用、脱水反应、缩合反应、氨基化反应。对于微生物的这些化学作用，不同种群的微生物，都能体现出不同侧重点的化学作用。

实践中，更多需要了解的是氧化反应、脱氨反应、水解反应。

活性污泥法处理废水中，微生物对有机物的降解主要就是通过微生物的自身代谢过程，将有机物分解作为自身生命活动所需要的能量，这个过程更多反映的是微生物对有机物的氧化作用。

在生物脱氮除磷工艺中，则突出依靠消化菌和反硝化菌的作用，达到脱氮的功能。

处理高浓度有机废水的时候，进行必要的水解酸化反应有利于提高废水的可生化性，为后续生化系统的处理提供支持。而这部分水解类微生物也就具有了自身的这些特有的性质。

2. 微生物的能源

（1）能量来源。微生物在增长时需要菌体的组成物质和为形成菌体所需要的能量。一部分微生物能够以光作为能源进行生长繁殖（光营养），而不能以光作为能源来利用的多数微生物则利用化学能来进行增长（化学营养）。多数微生物利用有机化合物进行发酵或呼吸而获得能量。然而，在自然界环境中也存在着很多以氧化无机化合物的方式获得能量而进行增长的微生物。表 1 – 2 是根据能量来源以及对有机物的需要对微生物加以分类。

**表 1 – 2　　根据能量来源和对有机物的需要而进行的微生物分类**

| 能量来源 | 对有机物的需要 | 繁殖条件 | 被氧化物质 | 固氮微生物名称 |
|---|---|---|---|---|
| 依靠光能反应 | 不需要有机物 | | | + 蓝藻 |
| | | | | – 绿藻 |
| | | 厌氧 | 含硫化合物 | + 红色硫细菌 |
| | | 厌氧 | 含硫化合物 | + 绿色硫细菌 |
| | 需要有机物 | 厌氧 | | + 红色非硫细菌 |




续表

| 能量来源 | 对有机物的需要 | 繁殖条件 | 被氧化物质 | 固氮微生物名称 |
|---|---|---|---|---|
| 依靠化学暗反应 | 不需要有机物 | 好氧（以氧作为氧化剂） | $NH_4^+$ | -亚硝酸菌 |
| | | | $NO_2^-$ | -硝酸菌 |
| | | | $H_2$ | -氢细菌 |
| | | | $Fe^{2+}$ | -铁细菌 |
| | | | S，$S_2O_3^{2-}$ | -无色硫细菌 |
| | | 厌氧（以 $NO_2$ 作为氧化剂） | S，$S_2O_3^{2-}$ | -无色硫细菌 |
| | | 好氧 | | +好氧性固氮菌 |
| | | | | -好氧细菌 |
| | 需要有机物 | | 还原 $NO_3^-$ | -脱氮菌 |
| | | | 还原 $SO_4^{2-}$ | -硫酸还原菌 |
| | | 厌氧 | | -厌氧性固氮菌 |
| | | | | -发酵细菌 |

藻类和光合作用细菌是属于以光作为能源的微生物，它具有把光能转化成ATP的功能。不过藻类能够把在分解水时所产生的还原能用在 $CO_2$ 的还原上，并合成有机物。但是光合作用细菌并不具有对水的光分解作用，所以在合成有机物时需要以化学物质来代替水，并把化学物质作为电子供体。通常把以无机物作为能量而增长的细菌叫做自养细菌，而以有机化合物作为能量而增长的细菌叫做异养细菌。自养细菌中有红色硫细菌、绿色硫细菌、亚硝酸菌、硝酸菌、氢细菌、无色硫细菌、铁细菌等。

（2）光合作用细菌。高等植物和藻类是以 $H_2O$ 作为氢供体还原 $CO_2$ 而合成糖的，但是光合作用细菌把已被还原的无机化合物作为电子供体。红色硫细菌利用 $H_2S$、$Na_2S_2O_3$ 和 S 时按下列反应式进行：

$$CO + 2H_2S \rightarrow (CH_2O) + H_2O + 2S$$

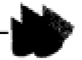
$$2CO_2 + Na_2S_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2(CH_2O) + Na_2SO_4 + H_2SO_4$$

$$CO_2 + 3H_2O \rightarrow (CH_2O) + H_2SO_4 + H_2$$

红色非硫细菌利用有机物时，则按下列反应进行：

$$C_3H_7COONa + 2H_2O + 2CO_2 \rightarrow 5(CH_2O) + NaHCO_3$$

（3）氧化无机物的细菌。利用氧化无机物时所产生的能量来生长繁殖的微生物列于表1－3，而这些微生物均属于自养菌。硝化菌中包括将氨氧化成亚硝酸的亚硝酸菌和将亚硝酸氧化成硝酸的硝酸菌。氢细菌有假单胞菌属和产碱杆菌属两种，而且这些氢细菌本来都属于自养菌，但其中也有以异养方式进行增长的细菌。铁细菌是以把二价铁氧化成三价铁时所产生的能量进行增长的。无



色硫细菌是以氧化固体硫、亚硫酸、硫代硫酸、硫化氢来增长的。

**表 1-3　氧化无机物的细菌**

| 常用名称 | 学名 | 反应式 |
|---|---|---|
| 亚硝酸菌 | 亚硝化单胞菌属 | $2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O$ |
| | 亚硝化球菌属 | |
| | 亚硝化螺菌属 | |
| 硝酸菌 | 硝化杆菌属 | $2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^-$ |
| 氢细菌 | 氢单胞菌属 | $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ |
| 铁细菌 | 氧化亚铁硫杆菌 | $4Fe^{2+} + 4H^+ + O_2 \rightarrow 4Fe^{3+} + 2H_2O$ |
| | 球衣菌 | |
| | 嘉利翁氏菌属 | |
| 无色硫细菌 | 氧化硫硫杆菌 | $2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O$ |
| | 排硫硫杆菌 | $2S + 3O_2 + H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$ |
| | 那不勒斯硫杆菌 | |

（4）还原无机盐的细菌。还原无机物的细菌有硫酸还原细菌和硝酸还原细菌。硫酸还原细菌存在于生活污水和河流底泥中，而硝酸还原细菌大多数在厌氧条件下进行脱氮反应。

微生物通过以上生物化学作用达到对水体中污染物的去除效果。同时，有部分不能降解的物质，在实际运行中，通过微生物菌胶团的强大吸附能力加以吸附，最终通过排泥等方式达到将污染物从水体中去除的目的。




**三、原生动物的增长和环境条件**

对原生动物增长和环境条件来说，主要是温度、重金属、pH 值和盐度。下面就对这几个影响原生动物增长的条件进行简要的说明。

1. 温度

应该说，在5℃以下的河流和40～50℃的温泉中都可以发现原生动物。一般而言，能够在低温条件下增长的原生动物属于适应低温范围的种类；而在高温下能够增长的原生动物则属于喜高温的种类。如沼轮毛虫喜低温，如果室温提高将立即死亡；而大弹跳虫喜高温。根据对梨形四膜虫增长情况的研究发现，它可以在5～35℃的范围内生长（温度越高，细胞容量会越大），但是个体数的增加只在7.5～32.5℃的范围内进行。

通常认为，原生动物最佳生长繁殖温度是25～30℃，超过35℃将对活性污泥中的常规原生动物产生影响，尤其是繁殖速率和正常代谢方面。

2. pH 值及盐浓度

在自然界里，由于腐殖酸的存在和矿山废水的排放而使某些地区的 pH 值很低，在低至1.8左右的地区仍可以看到有原生动物生存。能耐受低 pH 值的原生动物种类有：易变眼虫、尖毛虫、衣滴虫等。在酸性土壤中也大量存在有壳变形虫。

盐度方面，作为原生动物来说，在淡水中和海水中生存的原生动物种类是不一样的，而且，在这两种环境中都能生存的原生动物几乎没有。淡水和海水不仅渗透压不同，而且大多数离子的浓度也不一样。就原生动物而言，其不同种类耐受盐浓度的能力也有很大差别，如：无角变形虫在盐浓度4.4%的环境下也能生存，而尾草履虫只能在盐浓度低于1.5%的环境下生存，卵形隐滴虫的耐受能力更低，只有0.03%，而有的鞭毛虫类原生动物最高能够在25%的盐浓度条件下生存。

就活性污泥法而言，为了保证系统的正常运转，对原水的pH值和盐度还是需要合理控制的，通常以小口钟虫作为活性污泥类生物的代表。用其增长环境来考量的话，最佳pH值是6.5~7.5，pH值超过8时，小口钟虫将出现死亡或畸形。

## 第二节 活性污泥法的概念

在第一节介绍了活性污泥法处理主体微生物的基本概念，这为我们介绍最重要的工艺控制所需要的相关知识奠定了基础，有助于我们在实际操作中增加对活性污泥法处理污水、废水的整体判断能力。

活性污泥法处理工艺广泛应用于城市污水处理和处理对象为有机物的废水处理系统中。其发展已有上百年的历史，并出现了很多变形工艺，应该说活性污泥法是一个成熟的工艺了。同时，好氧处理中，对活性污泥法知识的了解也能有助于增强对生物膜法和氧化沟工艺的了解。



### 一、活性污泥法定义

活性污泥法是参照水体自净原理发展而来的，可通过如下说明来加深对这一原理的理解。

假设有一个污染物排放源（污染物主体是有机物），排放的废水直接进入某河流，此时，监测污染物排放口附近的河流水样，会发现测得的COD数值很高，但是，再到距排放口1km的地方去监测的时候，测得的COD数值却降低了很多，到下游时几乎监测不出污染物的存在了。分析原因主要有以下几方面。

（1）稀释作用（污染物进入水体后会被稀释）；

（2）河流底泥的吸附作用（部分可沉降有机颗粒沉降到河流底部，进入河流底泥中）；

（3）微生物降解（水体及河流底泥内的微生物分解了水体中的有机污染物）。

综合以上原理可以发现，污染物进入水体后除物理稀释和空气中的化学氧化作用外，更重要的是水体中微生物的生物化学反应起了关键作用。将这一原理运用到污水、废水处理工艺中，为微生物提供足够的食物（有机污染物）、氧气（曝气），就能看到目前生化处理工艺中最常用的处理方法——活性污泥法。



## 二、活性污泥法与其他处理方法的比较

对于废水、污水中的有机物处理，并不是只有生化处理，物化处理同样可以取得良好处理效果。但是，为什么目前大型污水处理厂都会采用生化处理，特别是活性污泥法呢？这个主要是从成本方面考虑的。

对于有机物浓度较低（COD 浓度在 10000mg/L 以下的），采用物化处理法将消耗大量化学药品，造成处理费用高昂。相反，通过微生物代谢活动来降解有机物，其处理成本就低得多。通常以生化处理为主的污水处理厂每吨水处理成本在 0.3 ~0.9 元之间，而物化处理每吨水成本在 4 元以上也很正常。生化处理适合大流量污水 、废水，这对降低运行成本极为有利，因为增大进水流量和底物浓度可以由微生物不断增加的生物数量来对应，而为保证微生物数量上升所对应的能源消耗并不是呈比例增加，这就为生化系统处理大流量污水提供了保证。这正是生化处理系统在污水 、废水处理中广泛运用的原因。

在生化处理中，生物膜法和活性污泥法相比，运用方面也有所不同，表 1 -4 对两者作了对比。

表 1 -4　　生物膜法与活性污泥法区别

| 比较项目 | 生物膜法 | 活性污泥法 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 抗冲击负荷能力 | 强 | 弱 | 串联运行的话，会将生物膜法放在活性污泥法前面 |
| 彻底净化能力 | 弱 | 强 | 单独设置生物膜法设施不易达标排放 |
| 动力消耗 | 少 | 多 | 生物膜法不用或少用曝气，节能明显 |
| 系统稳定性 | 强 | 弱 | 生物膜法发生系统恶化的状况较少 |
| 丝状菌膨胀性 | 常见 | 少见 | 生物膜法丝状菌膨胀并不影响效果 |
| 培养时间 | 较长 | 较短 | 活性污泥可以接种培养 |

## 三、活性污泥法处理废水的适用性

活性污泥法虽然广泛应用于污水 、废水处理工艺中，但是也有它的一些适用性。根据具体情况斟酌选择比较合适，生搬硬套往往不能发挥最佳效果，这样只会给操作运行管理人员带来诸多不便。表 1 -5 列出该法主要的适用性。

表 1 -5　　活性污泥法的适用范围

| 适用性 | 说明 |
| --- | --- |
| 中低浓度污水 、废水 | 以进水浓度（COD）低于 5000mg/L 为佳 |
| 水质波动均匀 | 不均匀水质需要设置调节池 |
| B/C 比要求 | B/C 比不低于 0.3 为佳 |
| 兼带氮磷去除的底物浓度要求 | 低底物浓度对高氮磷去除存在影响 |
| 成分单一的工业废水 | 需要补充外加营养源 |



## 第三节　改进后活性污泥法的几个变形

### 一、间歇式活性污泥法（SBR 工艺）

1. 运行过程及曝气方式

该工艺是通过程序化控制充水、反应、沉淀、排水排泥和闲置 5 个阶段，实现对废水的生化处理。SBR 反应器可分为限制曝气、非限制曝气和半限制曝气 3 种。限制曝气是污水进入曝气池只作混和而不作曝气；非限制曝气是边进水边曝气；半限制曝气是污水进入的中期开始曝气，在反应阶段，可以始终曝气，为了生物脱氮，也可以曝气后搅拌，或者曝气、搅拌交替进行，其剩余污泥可以在闲置阶段排放，也可在进水阶段或反应阶段后期排放。

SBR 反应器运行方式应根据废水的性质确定，易降解的有机废水宜采用限制曝气进水方式，难降解的有机废水宜采用非限制进水方式。各工序的时间控制与最终处理指标的要求有关。如处理中仅考虑 $COD_{cr}$ 和 $BOD_5$ 的处理效果，曝气时间可适当减少，以达到节能的目的；若考虑 N、P 的去除，曝气时间至少需 4h；以处理工业废水及有毒有害废水为目标的运行方式建议采用短时间的搅拌加上长时间的曝气。

2. 工艺特点

SBR 工艺将传统的曝气池、沉淀池由空间上的分布改为时间上的分布，形成一体化的集约构筑物，并利于实现紧凑的模块布置，最大的优点是节省占地。另外，可以减少污泥回流量，水泵运行减少，故有节能效果。典型的 SBR 工艺沉淀时停止进水，静止沉淀可以获得较高的沉淀效率和较好的水质。由 SBR 发展演变的又有 CASS 和 CAST 等工艺，在除磷脱氮及自动控制等方面有新的特点。

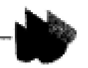
但是，SBR 工艺对自动化控制要求很高，并需要大量的电控阀门和机械撇水器，稍有故障将不能运行，一般必须引进全套进口设备。由于一池有多种功能，相关设备不得已而闲置，曝气头的数量和鼓风机的能力必须稍大，池子总体容积也不减小。另外，由于撇水深度通常有 1.2 ~ 2m，出水的水位必须按最低撇水水位设计，故总的水力高程较一般工艺要高 1m 左右，水泵提升能耗将有所提高。

纵观整个 SBR 工艺，通过一个池体仅改变进水、反应方式，同样可以达到去除有机物的效果，但就其本质而言还是以活性污泥法为基础理论指导的。

该工艺如图 1－2 所示。




图 1－2　SBR 池全景



## 二、AB法

AB法工艺由德国BOHUKE教授首先开发。该工艺将曝气池分为高低负荷两段，各有独立的沉淀和污泥回流系统。高负荷段（A段）停留时间约20～40min，以生物絮凝吸附作用为主，同时发生不完全氧化反应，生物主要为短世代的细菌群落，去除BOD达50%以上。B段与常规活性污泥法相似，负荷较低，泥龄较长。

AB法A段效率很高，并有较强的缓冲能力。B段起到出水把关作用，处理稳定性较好。对于高浓度的污水处理，AB法具有很好的适用性，并有较高的节能效益。尤其在采用污泥消化和沼气利用工艺时，优势最为明显。

但是，AB法污泥产量较大，A段污泥有机物含量极高，污泥后续稳定化处理是必须的，将增加一定的投资和费用。另外，由于A段去除了较多的BOD，可能造成碳源不足，难以实现脱氮工艺。对于污水浓度较低的场合，B段运行较为困难，也难以发挥优势。

同样，基于活性污泥法基本原理开发的AB法工艺，对较高浓度有机废水处理的节能优势明显。所以，工艺的选择对将来的设施运行成本至关重要，否则建成后单靠技术人员的工艺控制和改进，其节能效果和方法往往甚为被动。

## 三、氧化沟工艺



自1920年英国Sheffield建立的污水厂成为氧化沟技术先驱以来，氧化沟技术一直在不断的发展和完善。其技术方面的提高是在两个方面同时展开的：一是工艺的改良；二是曝气设备的革新。

氧化沟利用连续环式反应池（Continuous Loop Reator，简称CLR）作生物反应池，混合液在该反应池中一条闭合曝气渠道进行连续循环。氧化沟通常在延时曝气条件下使用。氧化沟使用一种带方向控制的曝气和搅动装置，向反应池中的物质传递水平速度，从而使被搅动的液体在闭合式渠道中循环。

氧化沟一般由沟体、曝气设备、进出水装置、导流和混合设备组成，沟体的平面形状一般呈环形，也可以是长方形、L形、圆形或其他形状，沟端面形状多为矩形和梯形。

氧化沟法由于具有较长的水力停留时间，较低的有机负荷和较长的污泥龄，因此相比传统活性污泥法，可以省略调节池、初沉池和污泥消化池，有的还可以省略二沉池。氧化沟能保证较好的处理效果，这主要是因为巧妙结合了CLR形式和曝气装置特定的定位布置，使得氧化沟具有独特水力学特征和工作特性。

（1）氧化沟结合推流和完全混合的特点，有力于克服短流和提高缓冲能力。通常在氧化沟曝气区上游安排入流，在入流点的再上游点安排出流。入流通过曝气区在循环中很好的被混合和分散，混合液再次围绕CLR继续循



环。这样，氧化沟在短期内（如一个循环）呈推流状态，而在长期内（如多次循环）又呈混合状态。这两者的结合，既使人流至少经历一个循环而基本杜绝短流，又可以提供很大的稀释倍数而提高了缓冲能力。同时，为了防止污泥沉积，必须保证沟内足够的流速（一般平均流速大于0.3m/s），而污水在沟内的停留时间又较长，这就要求沟内有较大的循环流量（一般是污水进水流量的数倍乃至数十倍），进入沟内污水立即被大量的循环液所混合稀释，因此氧化沟系统具有很强的耐冲击负荷能力，对不易降解的有机物也有较好的处理能力。

（2）氧化沟具有明显的溶解氧浓度梯度，特别适用于硝化－反硝化生物处理工艺。氧化沟从整体上说又是完全混合的，液体流动却保持着推流前进，其曝气装置是定位的，因此，混合液在曝气区内溶解氧浓度是上游高，然后沿沟长逐步下降，出现明显的浓度梯度，到下游区溶解氧浓度就很低，基本上处于缺氧状态。氧化沟设计可按要求安排好氧区和缺氧区实现硝化－反硝化工艺，不仅可以利用硝酸盐中的氧满足一定的需氧量，而且可以通过反硝化补充硝化过程中消耗的碱度，这些有利于节省能耗和减少甚至免去硝化过程中需要投加的化学药品数量。

（3）氧化沟沟内功率密度的不均匀配备，有利于氧的传质、液体混合和污泥絮凝。传统曝气的功率密度一般仅为 20～30W/$m^3$，平均速度梯度 $G$ 大于 100$s^{-1}$。这不仅有利于氧的传递和液体混合，而且有利于充分切割絮凝的污泥颗粒。当混合液经过平稳的输送后到达好氧区后期，平均速度梯度 $G$ 小于 30$s^{-1}$，污泥仍有再絮凝的机会，因而也能改善污泥的絮凝性能。

（4）氧化沟的整体功率密度较低，可节约能源。氧化沟的混合液一旦被加速到沟中的平均流速，对于维持循环仅需克服沿程和弯道的水头损失，因而氧化沟可比其他系统以低得多的整体功率密度来维持混合液流动和活性污泥悬浮状态。据国外的一些报道，氧化沟比常规的活性污泥法能耗降低20%～30%。

另外，据国内外统计资料显示，与其他污水生物处理方法相比，氧化沟具有处理流程简单、操作管理方便、出水水质好、工艺可靠性强、基建投资少、运行费用低等特点。

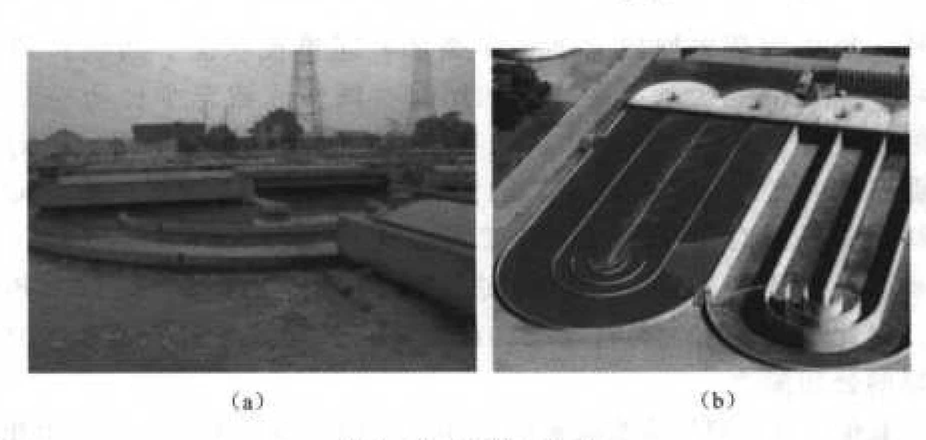
所以，就市政污水处理来讲，如果氮磷去除负担不是太重的情况下，选择氧化沟工艺是较为常见的，就其工艺而言仍然是围绕活性污泥法基本原理进行的。

该工艺如图 1－3 所示。

**四、改进后的活性污泥法的工艺本质**

纵观活性污泥法的几个变形就可以发现，这些变形工艺仅仅在构筑物结构及运行工艺上发生了变化，而其降解原理、运行机制却并没有发生变化，还是要受到常规活性污泥法操作控制要素（如水温、pH 值、活性污泥浓度、污泥负





(a)　　　　(b)

图 1－3　氧化沟工艺

(a) 全貌；(b) 局部

荷等）的影响。





# 第二章 活性污泥法相配套的物化处理系统概述

众所周知，利用活性污泥法处理污水、废水中的有机污染物可以达到低成本化目的，也是近百年来此工艺广泛应用并不断发展的原因。

但是，仅仅依靠活性污泥法处理污水、废水往往不能达到预期的效果，这与废水成分复杂、活性污泥法处理自身的局限性有关。例如对无机物的处理，活性污泥法几乎没有特别的处理效果，达不到真正意义上的去除。为此，对于大部分污水、废水处理来讲，在运用活性污泥法工艺的同时，常会配合物化处理工艺，以达到多指标达标排放的目的。本章就是重点对需要和活性污泥法配合使用的物化处理工艺进行概要性的阐述，以帮助读者更清楚地理解活性污泥法在整个污水、废水处理工艺中的功能和作用，提高读者对污水、废水处理工艺管理的综合判断能力。

## 第一节　物化处理设施概述

污水处理厂的处理单元，依照其原理可分为物理、化学、生物处理三类，其中物理处理单元包括筛除、沉砂、调整、混合、沉淀、浮除、过滤等。接下来就此7类物理处理单元加以简单说明。

### 一、拦污栅

#### 1. 拦污栅作用

市政污水和部分工业废水中存在较大的固体颗粒物（如布条、菜叶、包装袋等），为了避免这些颗粒物质堵塞排水管、损坏搅拌机和水泵等设施设备，通常需要在污水、废水进入系统前将这部分固体颗粒进行筛除，常用的设备就是拦污栅。常见的拦污栅如图2-1所示。

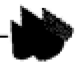


图2-1　拦污栅

拦污栅一般可分为粗型和细筛型两种，细筛型拦污栅除对粗杂物有拦截作用外，对悬浮固体物也有去除作用，只是水头损失较大、容易堵塞。拦污栅依据清污方式不同，可分为人工清除式和机械式两种。

#### 2. 机械式拦污栅设计中的一些常规要求

机械式拦污栅应该具备前后水位差0.35m以上的水压



强度，并且污水穿过格栅的流速应该保证在60～120cm/s，以防止发生沉淀现象。格栅槽的底高比污水进流管管底至少低8～15cm，以防死角淤塞。格栅设置的倾斜度应与水平成45°～90°，采用较陡的坡度可节省较大的空间。

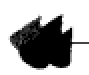
3. 拦污栅常见故障处理对策

表2－1　　拦污栅常见故障原因及处理对策

| 序号 | 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 处理对策 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 令人不悦的臭味，苍蝇及其他昆虫 | 碎布或残渣的积聚 | 正确且经常清除残渣 | 增加清除及处理的频率 |
| 2 | 过量砂石积聚在拦污栅 | 因增高水位而引起 | 沉砂池的深度不当 | 不定时移除底部的积砂或重新设定坡度 |
|  |  | 流速太低 | 测定流速 | 增加流速或定时冲水清洗 |
| 3 | 格栅堵塞频率过高 | 废水中含有不定量的残渣 | 格栅宽度及废水流经格栅的流速 | 使用较粗的格栅或找出引起麻烦的来源而阻断其排放 |
| 4 | 机械式清除耙不能操作或设定 | 机械性堵塞 | 栅沟 | 移除障碍 |
| 5 | 耙子不能操作但是马达能运转 | 传动链或传动带断裂 | 检查链条 | 换掉链条或传动带 |
|  |  | 切换开关故障 | 检查开关 | 换掉开关 |
| 6 | 耙子不能操作且无明确原因 | 控制回路的间接缺陷 | 检查转换回路 | 置换回路 |
|  |  | 马达不良 | 检查马达的运转情况 | 置换马达 |

## 二、沉砂池

重力沉砂池为一狭长的水道，砂石的沉淀用流速控制，一般的流速为15～30cm/s，停留时间为30～60s，通常需要两个平行的沉砂池以便交替清理。沉砂池的效率与表面积成正比，而与宽、深、流速及形态无关。沉下的砂石常夹杂有有机物质而易于腐败。曝气沉砂池对于流速的控制要求较宽，流量的异常变化对沉降效果影响不是太大。由于存在曝气效果，砂石可以不需要清洗即可处理，同时对废水也有预曝气作用，池体设计类似于活性污泥法的曝气池，只是需要增加约90cm深的沉砂斗，以便集泥。



## 1. 沉砂池设计上的缺陷及操作解决方法

表 2-2　　沉砂池设计缺陷及操作解决方法

| 序号 | 设计缺陷 | 操作解决方法 |
|---|---|---|
| 1 | 短流 | 装设水底挡板于扩散器后，或沿着与扩散器相反的墙上装设 |
| 2 | 增加沉砂量可引起有机物的沉淀量也跟着增加，从而导致明显的臭味 | 装设且适当地操作沉砂设备 |
| 3 | 金属及混凝土上的锈蚀 | 设置鼓风机及气体刮除器，通过鼓入空气降低腐蚀性气体 |
| 4 | 储砂斗的滑动阀门会堵塞 | 用水冲刷漏斗 |
| 5 | 机械式清除槽的升降桶时常破裂 | 使用一体成型尼龙或其他轻质且强韧的桶子 |
|  |  | 装设喷水龙头以去除可能的大量沉砂 |
| 6 | 尾端磨损降低沉砂池效率 | 如非机械式沉砂池，在储砂部分及流动部分之间可设置移动式组板或底板格栅 |
| 7 | 设备发生阻塞 | 在沉砂池前设置拦污栅或破碎机 |
| 8 | 在入流区积砂过量 | 将入流水曝气 |
| 9 | 污泥处理不便 | 设置机械清除式沉砂槽，且自动将砂移至储存漏斗以降低处理量 |

## 2. 沉砂池常见故障处理对策

表 2-3　　沉砂池常见故障原因及处理对策

| 序号 | 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 处理对策 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 砂石包围住了收集器 | 收集器操作的速度过快 | 收集器转速 | 降低收集器的速度 |
|  |  | 吊桶升降机或去除设备速度太慢 | 去除系统的速度 | 增加收集器去除砂石的速度 |
| 2 | 沉砂池中出现腐蛋臭味 | 硫化氢形成 | 采样分析总硫及可溶性含硫量 | 清洗池子且加入 $ClO_2$ |
|  |  | 沉淀于底部的残渣 | 监视池中是否有残渣 | 每天清洗池子 |
| 3 | 金属及混凝土的腐蚀 | 通风不足 | 通风口 | 增加通气量 |

续表

| 序号 | 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 处理对策 |
|---|---|---|---|---|
| 4 | 去除的砂颜色为棕色且感觉油腻 | 旋转式沉砂池压力不正确 | 降低池体承受压力 | 保持抽升水泵速度，使压力在27.58～41.37kPa之间 |
| | | 空气流量不足 | 检查空气流量 | 增加空气流量 |
| | | 除砂系统速率太低 | 使用燃料检查流速 | 增加沉砂池的流速 |
| 5 | 沉砂池表面的扰流减少 | 扩散器被破碎布或砂掩盖住 | 扩散器 | 洗净扩散器 |
| 6 | 集砂率低 | 底部磨损 | 流速 | 保持流速在0.30m/s |
| | | 曝气量太高 | 曝气 | 降低曝气量 |
| | | 停留时间不足 | 停留时间 | 增加停留时间 |
| 7 | 沉砂池满溢 | 抽水引起波动 | 抽水泵 | 调整抽水泵 |
| 8 | 沉砂池中出现油性腐败物质且有气泡在表面 | 污泥集中在池底 | 沉砂池底部 | 每天清洗沉砂池 |



### 3. 沉砂池臭味解决方法

表2－4　　沉砂池臭味解决方法

| 问题点 | 可能解决方法 | 可应用的地方 | 可用药品 | 优点 | 缺点 |
|---|---|---|---|---|---|
| 腐蛋臭味 | 控制硫化氢 | 收集系统、集砂槽 | 与预防混凝土腐蚀的方法一样 | | |
| 入流水的pH值太高 | 降低pH值 | 沉砂池 | $CO_2$ | 对于大厂相当经济 | 对小厂贵 |
| | | | HCl | 可接受，不贵 | 有腐蚀性 |
| | | | $HNO_3$ | 有效 | 增加氮排放 |
| | | | $H_2SO_4$ | 常用小厂，经济 | 操作危险 |
| 入流水的pH值太低 | 升高pH | 集砂井 | 石灰 | 有助凝作用，效果佳 | 增加污泥产量 |
| | | | NaOH | 有效，加药方便，便宜 | 价格昂贵 |
| | | | $NaHCO_3$ | 处理容易、安全 | 不利用调节过低pH值废水 |
| | | | $Na_2CO_3$ | 溶解度高、使用容易 | 不利于调节过低pH值废水 |

沉砂池实物如图 2－2 所示。



图 2－2　曝气沉砂池

**三、调整池**

1. 设置目的

调整池设置目的主要为了减少或控制废水水量或水质的异常变化现象，提供最佳操作条件，以利后续操作单元的正常操作。进一步而言，其主要功能如下：

（1）提供足够的缓冲空间平衡有机负荷，减少生物处理单元的突增负荷。

（2）提供适合的 pH 值控制，减少所需的化学药品。

（3）降低流量对后续物理及生物处理单元的冲击，同时可提供适合的加药量。

（4）提供连续的正常操作功能（应对工厂没有废水排入时）。

（5）防止和平衡高浓度的毒性、惰性物质进入生物处理单元。



2. 调整池臭味的解决方法

表 2－5 调整池臭味解决方法

| 问题 | 可能解决方法 | 可应用的地方 | 可用药品 | 优点 | 缺点 |
|---|---|---|---|---|---|
| 由于缺氧而引起的臭味及其他问题 | 加强前曝气装备；臭味控制；化学处理时使用前曝气池混合药品 | 前曝气池；曝气沉砂池；抽水站或人孔上游问题的解决 | 石灰 | 不必加盐类 | 产泥多 |
| | | | 明矾 | 易处理、溶解 | 需加可溶性固体 |
| | | | 氯化铁 | 价廉 | 需加可溶性固体 |
| | | | 臭氧 | 效佳 | 昂贵 |
| | | | 氯 | 有效 | 残留影响后续生物 |
| | | | 过氧化氢 | 无腐蚀 | 需要 15min 接触时间 |

## 四、混合

1. 混合的目的

混合可应用在沉降、气浮、过滤、絮凝、混凝、吸附、曝气、氧化、还原、中和等单元。大多数废水处理污染成分如臭味、浊度、色度、悬浮固体、pH 值、金属、有机物、无机物及油类都可在混合槽内进行，同时，借助混合的重要单元（机械搅拌）使各种物化反应能均匀且快速地在反应槽内进行。



混合用搅拌机的作用在于：①避免悬浮固体沉淀；②使废水完全混合；③使气体以气泡分散于水中；④对无法混合的液体，通过搅拌可以促成乳状液；⑤增加传热能力。

2. 常用搅拌型式

（1）叶轮搅拌：常分为两种，一类是垂直流动叶轮，产生的水流和容器旋转轴方向平行；另一类是径流动叶轮，产生的水流成切线方向或辐射方向。就叶轮形式主要有推进器式、浆式、轮机式。

（2）推进器式搅拌机：适用于低黏度设备的搅拌，小型机转速通常在 1150 或 1750rpm 左右；大型的 400～800rpm；推进器常由三片叶轮组成。

（3）轮机式搅拌机：这种装置和多浆式搅拌很类似，其叶轮较短，装于容器的旋转轴上，以高速度旋转。叶轮直径通常为容器直径的 30%～50%。轮式搅拌机对于黏度大小的适用范围极广，遇到低黏度液体往往产生强大的漩涡和液流现象。这在使用中需要注意，如液体泼洒、液体晃动过烈等。

（4）潜水搅拌器：近期发展运用较多的潜水搅拌机，在污水、废水处理的需搅拌场所运用较多，由于潜水搅拌机设置在需搅拌混合液的池内，其完全浸没于混合液中，所以混合效果较好，并且其搅拌位置可以移动，也增加了其机动性，对搅拌视角的应对比较灵活。但是该型设备对耐腐蚀的材质和电线要求

较高，故障频率和维修费用相当值得考虑。

潜水搅拌器样例如图 2-3 所示。




图 2-3　潜水搅拌器样例

## 五、沉淀池

### 1. 沉淀池的目的

沉淀池的目的是借助沉降去除悬浮物。当水流进入一个大断面的池中，水流速度降低，池水处于几乎静止状态，在重力影响下，质量密度较高的颗粒会向下移动；反之，较低质量密度的颗粒则会向上移动，因此，废水溶液会分成液面浮渣和池底的底泥两部分，如此泥水分离，便可达到沉淀池设置的目的。

### 2. 沉淀池操作注意事项

沉淀池由流入部分、沉淀部分、流出部分及污泥部分组成，基本形式如图 2-4 所示。

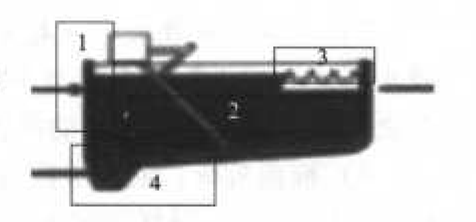



图 2-4　沉淀池
1—流入部分；2—沉淀部分；
3—流出部分；4—污泥部分

（1）流入部分。

1）流入方法：

a. 水位差：沉淀池与反应槽或曝气槽间的水位差，应该尽可能缩小，防止来自反应槽或曝气槽流入的水流卷起沉淀的污泥。如果受到用地的限制而有水位差的时候，应该在沉淀池的流入位置设置调整槽，以免对沉淀池的水流发生影响。

b. 防止波动而发生影响：反应槽或曝气槽内的搅拌所产生的波动影响，可以通过送水管道传送给沉淀池，对于送水管的形状以及因为波动造成的影响需要加以对策。

c. 流入位置：沉淀池流入管的流入位置，应该位于能够避免池内发生偏向流的地方。

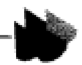
2）整流壁：为确保流入水流的均匀，可以在沉淀池流入部的水流直角上设置整流板或阻流板。水平流式沉淀池的有孔整流板的孔面积合计，应该为整流板面积的 10% ~20% 左右。

小规模沉淀池有同时设置整流装置及阻流板以达到整流的目的。水平流式沉淀池的阻流板一般设置于距流入口 60 ~90cm 处，高度 90cm 左右（水面 10 ~20cm，水面下 60cm 左右），当沉淀池内有发生偏流时，多以整流板或阻流板来改善其处理效果。

（2）沉淀部分。

1）沉淀部内的流速：一般水平式沉淀池的流速，以不大于沉淀速度的 9 ~12 倍为宜，基本控制在 100 ~135cm/min 左右。

2）沉淀时间（停留时间）：沉淀时间可以用有效水深/沉降速度 ×1.5 来计



算，一般沉淀时间根据颗粒性质采用2～6h，当然，虽然沉淀时间长去除率高，但腐败性的废水如果也保持太长则常会因为发生污泥腐败而导致水质恶化。一般沉淀时间如表2－6所示。

**表2－6　一般沉淀时间**

| 废水种类 | 沉淀时间/h |
| --- | --- |
| 污水最初沉淀池 | 1～3 |
| 污水最终沉淀池 | 2～4 |
| 金属表面处理废水 | 2～4 |
| 石化污水厂 | 4～6 |

3）水深：有效水深一般为0.8～1.35m，小规模处理设施也有较浅的。有效水深依沉淀池种类不同而不同，其有效水深为垂直部分加漏斗部分深度的二分之一。设置有机械除泥的沉淀池，一般以最浅处的水深视为有效水深。

4）液面负荷：液面负荷为沉淀池单位表面积单位时间的处理水量，以$m^3/(m^2 \cdot d)$表示，最终沉淀池以20～30 $m^3/(m^2 \cdot d)$控制较为正常。

另外，需要注意初沉池及二沉池的分别，即二级沉淀池是跟随在生物处理系统之后的，其构造与初沉池大致相同，但其功能随生物处理的方法不同而有所不同。



3. 沉淀池的维护管理

为使沉淀池维持良好的状态操作，必须制定日常检查事项进行维护，驱动部分也要进行定期检查。

（1）检查。

1）日常检查事项：

a. 流入水量的确认（流入总量、高峰流量、高峰流量持续时间）；

b. 沉淀池内水流的异常确认（偏向流、卷升流）；

c. 溢流堰的水平状况（有没有污泥流出）；

d. 有无污泥流失（有无水量过大、松化）；

e. 污泥容积的测定（30min沉降比）；

f. 有无污泥上浮（有无浮渣等）；

g. 有无污泥的异常堆积（污泥抽出量）；

h. 刮泥机是否正常运转（有无异响）；

i. 排泥泵有无异常（压力表及电流确认）。

2）定期检查事项：

a. 排泥泵的堵塞、磨损；

b. 排泥泵抽泥量的确认；

c. 刮泥机的磨损及弯曲的确认；

d. 驱动部、链条等的接合确认；

e. 每年一次的排空整体检查。

（2）清理、调整。

1）日常清理事项：

a. 流入区浮渣及沉淀物的清扫；

b. 浮渣及积泥的去除；

c. 溢流堰的清扫；

d. 剩余污泥的排除；

e. 回流污泥（活性污泥）的调整。

2）定期调整事项：

a. 润滑油、润滑脂的添加（链条、轴承、马达、减速机）；

b. 溢流堰水平的调整；

c. 刮泥机整体确认。

（3）维修。清理、点检发现有故障的时候，应该尽快加以维修，否则容易造成大的故障，包括：

a. 磨损部位的维修（刮泥机等）；

b. 溢流堰；

c. 链条、轴承；

d. 减速机。



4. 沉淀池操作功能不佳的原因

一般影响沉淀池操作效能的原因包括：

（1）抽出污泥的时间和频率不足。

（2）不良的保养及维修。

（3）对于设备的使用知识不足，基本控制数据对象如下：

1）实验室分析；

2）沉淀槽负荷量：

a. 流量；

b. 停留时间；

c. 溢流率；

d. 堰负荷；

e. 固体量；

f. 质量平衡。

（4）不能确认为电机问题且因突发事件的电力中断而跳机后无法重新开机，如雷雨意外；

（5）工厂有泄漏有毒物质；

（6）暴雨径流量及水力负荷过大；

（7）收集系统问题而引起的腐败现象。



### 5. 初级沉淀池设计上的缺点及操作对策分析

**表 2-7　　初级沉淀池设计缺点及操作对策**

| 缺　点 | 操作解决方法 |
|---|---|
| 少量油脂浮渣 | 以预先曝气法增加对油脂的破坏 |
| 浮渣溢出 | 使复杂收集系统远离溢流堰 |
| 由于砂石太多无法吸出 | 预先设沉沙池或洗砂设备 |
| 短流导致低去除率 | 校正水力设计且设置挡板以分散流体并降低流速 |
| 由于砂石存在，严重磨损刮泥板或剪力钉 | 设置沉砂池 |
| 油脂去除率太小 | 设置浮除槽或排泄设备 |
| 因为颗粒絮凝情况不佳，油脂不易去除 | 设置加氯池及除油设备 |
| 超负荷形成厌氧状态 | 分散废水负荷 |

### 6. 二级沉淀池设计上缺点及操作解决方法

**表 2-8　　二级沉淀池设计上的缺点及操作解决方法**

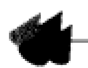
| 缺　点 | 操作解决方法 |
|---|---|
| 活性污泥系统中的沉淀池会受人流量的影响 | 进行流量调整，不能调整的改变抽水 |
| 若有多个沉淀池，发生短流的话，其他池可能超负荷 | 在人流处提供足够的水头损失，以使分流槽能以不同水位而增加效果 |
| 高流量时不能捕获沉淀物 | 高流量时使用斜板斜管或增加投药量 |
| 传统的污泥刮除装置不能有效去除污泥 | 在每组沉淀池后用吸泥管清除污泥 |
| 沉淀池太浅 | 渐渐增加污泥回流量以控制污泥消耗 |



### 7. 初沉池故障解决纲要

**表 2-9　　初沉池故障解决纲要**

| 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方法 |
|---|---|---|---|
| 污泥上浮 | 污泥在池中分解 | — | 大量或经常去除污泥 |
| | 刮泥设备磨损或损坏 | 检查刮泥设备 | 依需要修复或更换 |
| | 硝化良好的废弃活性污泥回流 | 放流水的硝酸盐 | 调整污泥流入时间或改变污泥回流点 |
| | 污泥流出管堵塞 | 排泥的污泥泵 | 以逆向流清洗管道 |
| | 流入挡板损坏或流失 | 挡板 | 修复或置换挡板 |
| 黑且有味道的腐臭污泥 | 污泥收集设备磨损或损坏 | 检查污泥收集设备 | 根据需要修复或置换 |
| | 不当的污泥抽取循环 | 污泥密度 | 增加抽取污泥的频率或时间直到污泥密度降至比标准还低 |
| | 有机工业废物不当前处理 | 前处理操作 | 预先曝气 |
| | 污水在收集系统中分解 | 在收集系统系统中的停留时间与速度 | 收集系统加氯 |
| | 过强的硝化澄清液回流 | 硝化澄清液的水质和水量 | 回流前预处理或减少回流量 |
| | 污泥排除管线堵塞 | 排泥的排泥泵 | 逆流向冲洗管线 |



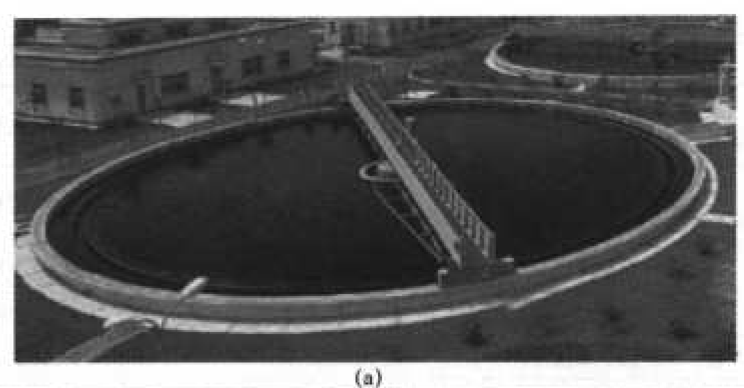


续表

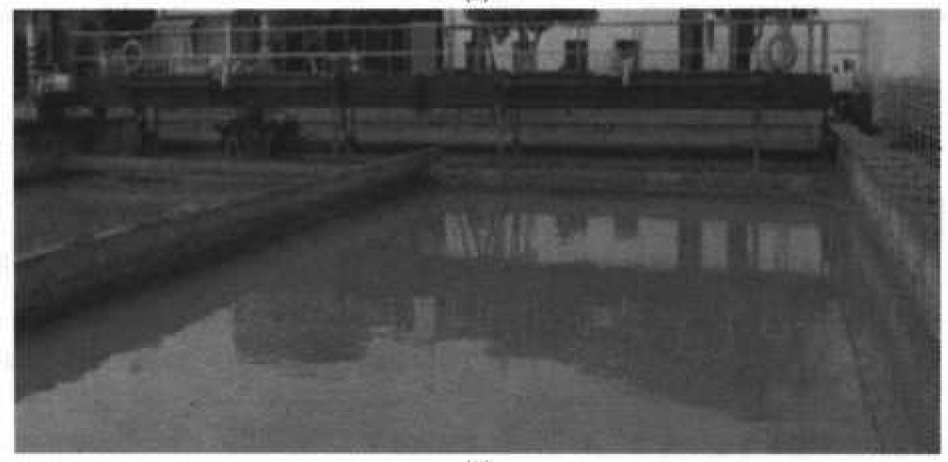
| 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 污泥收集系统操作不规律 | 剪力钉磨损，收集设备损坏 | 剪力钉及污泥收集设备 | 修复损害部位 |
| | 破布或碎屑缠绕在收集机械设备上 | 污泥收集设备 | 去除残屑 |
| | 过量的污泥累积 | 池底有无异常声音 | 增加抽取污泥的次数 |
| 浮渣溢出 | 不当的清除频率 | 浮渣清除率 | 经常清除浮渣 |
| | 混人工业废水过多 | 流入的废水 | 限制工业废水流人 |
| | 清渣板磨损或损坏 | 清渣板 | 清洁或置换清渣板 |
| | 浮渣撤除设备的不当校正 | 校正 | 调整校正 |
| 链条断裂且剪力钉失效 | 不当的剪力钉尺寸与运转校正 | 剪力钉尺寸与运转校正 | 重新设定运转并改变剪力钉尺寸 |
| | 壁上或表面结冰 | 检查壁及表面 | 去除或打破冰层 |
| | 污泥的机械刮泥设备过量负荷 | 污泥负荷 | 延长收集器操作时间，并经常清理污泥 |
| 污泥难以抽除 | 过量的泥砂、黏土及其他易淤塞的杂质 | 砂石去除系统的操作 | 加强操作砂石去除单元 |
| | 抽除管流速太低 | 污泥抽除速度 | 增加污泥抽除管的流速 |
| | 管线或泵堵塞 | | 以逆向流清洗管线，并及时抽除污泥 |
| 污泥中固体量少 | 水力负荷过大 | 流入率 | 水流分布更均匀（多池） |
| | 池中发生短流 | 染料或其他流量追踪剂 | 改变堰高、修复或置换挡板 |
| | 抽取污泥过量 | 抽污泥的频率与间隔悬浮固体浓度 | 抽污泥次数及时间降低 |
| 短流 | 不平整的配置堰 | 配置堰 | 改变堰高 |
| | 流入端挡板的损坏 | 挡板损坏 | 修复或置换挡板 |
| 产生大波动 | 流人的抽水管设置不良 | 抽水泵循环管道 | 校正抽水管路 |
| 入流沟内过量沉淀 | 流速太低 | 流速 | 增加流速或以水、空气翻动，防止沉淀 |
| 表面或堰上凝集物太多 | 废水中颗粒的积累 | 检查表面 | 时常且完整的清洁表面 |

沉淀池实物如图 2－5 所示。



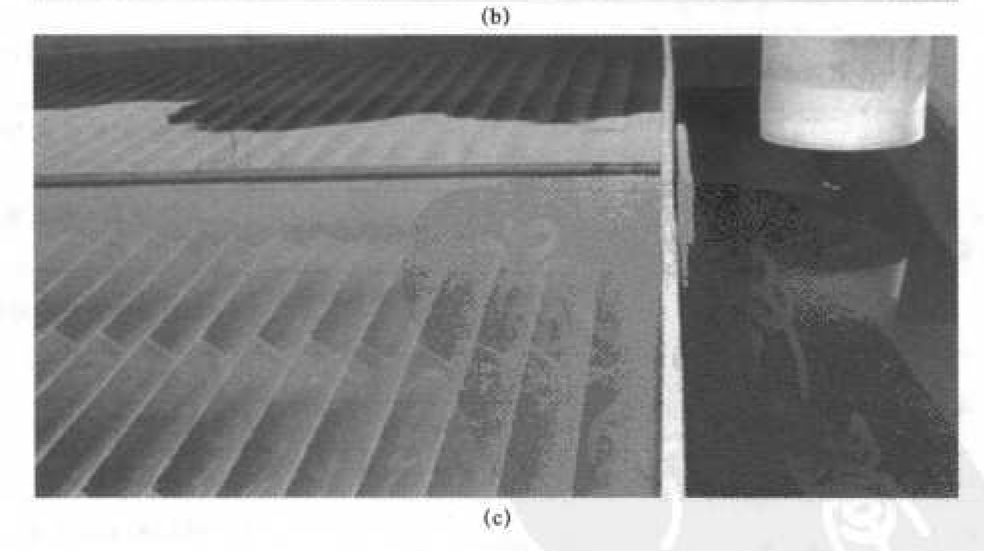


(a)



(b)





(c)

图 2-5 沉淀池

(a) 辐流式；(b) 平管式；(c) 斜管式

## 六、气浮池

### 1. 气浮池的目的

空气浮除被用于废水处理已有 10 多年，主要用于水中分离悬浮固体、油脂、纤维和其他低比重固体，也可用于活性污泥和化学混凝污泥的浓缩。为使

颗粒能够浮到水面，这些颗粒的比重必然要比水小。浮除的过程即是将气体注入液体中，使之呈饱和状态，然后在大气压下放出溶解气体，这种机械结构使小气泡与悬浮物质或油脂结合、降低比重，从而增加分离效果。

2. 空气浮除系统

常用的气浮系统设计体系主要有两种：无回流的全流量加压式溶解空气浮除系统和回流式加压溶解气体浮除系统。

溶解气体浮除系统是突然降低废水压力，使水中所溶解的超饱和空气溢出变成小气泡，溶解气体所产生的气泡直径约 50～100μm。

回流及无回流加压式浮除系统中，压力式可以提供气泡与颗粒接触的最大机会，虽然回流加压式需要一个加压抽水机，但是操作简便，较少形成乳化液，且絮体的形成较为适度，最主要还是气泡与颗粒间有更大接触机会。对于有机污染物以大颗粒形态或絮体形式存在，则采用加压气浮法处理是比较合适的，而如果是溶解性的有机物采用加压气浮法效果就不太好了。

加压气浮法的前处理设施需要考虑的因素有：调匀池大小，是否需要加药，快混时间，絮凝时间，pH 值调整或化学反应时间。

加压气浮设计上需要考虑的因素包括：污染物性质、上升速率、操作压力、回流比例、所需空气量、温度、水力负荷、固体负荷、停留时间、污泥量等。

气浮池样式如图 2－6 所示。

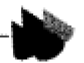






气浮池液面浮渣积聚，效果明显

图 2－6　气浮池



## 七、过滤池

### 1. 过滤原理

过滤池是为了分离水体中的悬浮性颗粒而设置的构筑物。废水处理中的过滤，可分为以去除水中颗粒物质为目的的澄清过滤和以污泥脱水为目的的脱水过滤。快滤池属于澄清范畴的过滤。

### 2. 过滤池的维护

过滤池通常为重力式，出水构造多为封闭式，因为过滤状况及冲洗状况无法目视，维修上不太方便。所以我们在日常操作维护中应该经常注意过滤状况及滤层的冲洗状况，必要时应该检查槽体内部，防止影响过滤效果。主要操作管理项目如表 2 – 10 所示。

表 2 – 10　　过滤池操作管理项目

| 检查项目 | 每日检查项目 | 每月检查项目 | 6 个月 ~1 年一次 |
|---|---|---|---|
| 过滤水质 | ○ | | |
| 过滤状况（重力式） | ○ | | |
| 过滤压力 | ○ | | |
| 冲洗的时间 | ○ | | |
| 过滤初期水头损失 | ○ | ○ | |
| 冲洗废水的观测 | ○ | | |
| 集水槽内检查 | | | ○ |
| 泵、阀检查 | ○ | ○ | |



### 3. 过滤池操作故障排除

（1）过滤池设计上缺陷及其操作解决方法。

表 2 – 11　　过滤池设计缺陷及操作解决方法

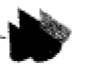
| 缺陷 | 操作解决方法 |
|---|---|
| 空气进入滤料支撑而反转砂石层，影响滤池的操作，易发生在反冲洗过程中，在反冲洗泵内混入了空气 | 关闭反冲洗阀启动反冲洗泵浦，并从反冲洗管线中的减压阀排出空气 |
| | 在反冲洗管线中的高处设置减压阀及水分压系统，以使管线充水而排出空气 |
| 由于水流波动引起的操作困难 | 在可操作滤池中设置流量调节装置 |
| 使用单层滤料砂滤池时，要比多层滤料池更需要经常反冲洗 | 改用多层滤料砂滤池 |
| 滤池清洁工作不足导致堵塞 | 提供足够的反冲洗装置，如表面冲洗装置或水 – 空气反冲洗 |
| 由于回流的反冲洗水流到快混池而引起的水力波动 | 将反冲洗水集中一池后再控制其流出量 |



（2）过滤池故障解决纲要。

表 2－12　过滤池故障解决纲要

| 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 出水浊度太高 | 滤池需要反冲洗 | 浊度超过 1 | 先停止操作滤池，再反冲洗 |
| | 上游的化学混凝不良 | 通过小试确定合适的助凝剂投药量 | 增加适当的药量 |
| 损失水头太高 | 需反冲洗 | 滤床的水头损失 | 停止操作再反冲洗 |
| 反冲洗后水头损失仍高 | 完全清洗滤料的时间不足 | 起始水头损失大于平常 | 增加反冲洗时间 |
| | 空气清除系统没有动作 | 观察表面冲洗设备 | 修复设备 |
| 反冲洗水回流率大于 5% | 滤床过滤的固体太多 | 悬浮物浓度 | 改善沉淀池中固体沉淀的特性 |
| | 助凝剂量太高 | 助滤剂量 | 降低助滤剂的用量 |
| | 表面冲洗系统无法启动 | 观察表面冲洗系统 | 修复设备 |
| | 每次反冲洗表面冲洗设备不足 | 表面冲洗的时间 | 增加表面冲洗的时间 |
| | 反冲洗太久 | 反冲洗时间 | 减少反冲洗时间 |
| 由于水头损失急增显示滤床表面堵塞 | 单种滤料床前的沉淀池沉淀 | 水头损失的变化 | 改良前处理或改换成双层或加大滤层表面的空隙 |
| | 双层或多层滤床的助滤剂过量 | | 减少或不用助滤剂以使固体能够穿透到深层 |
| | 表面冲洗或反冲洗不足 | | 提供足够的表面冲洗或反冲洗 |
| 滤程太短 | 由于表面堵塞而提高了水头损失 | 肉眼观察滤床的水头损失 | 置换滤料，使用双层或多层滤料并降低助凝剂用量 |
| | 滤床过滤的固体太多 | | 使用聚合类助凝剂以控制水头损失并确定表面冲洗与反冲洗的运作 |
| 滤床水头损失低但浊度偏大 | 聚合助剂药量不足 | 浊度太大 | 增加聚合助剂用量 |
| | 混凝剂加药系统不良 | 加药机 | 修理加药机 |
| | 混凝剂需药量改变 | 通过小试确认 | 调整混凝剂量 |



续表

| 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方法 |
|---|---|---|---|
| 产生泥球 | 表面冲洗及反冲洗流量不足 | 砂滤床的观察 | 增加反冲洗水量，并进行适当的表面冲洗 |
| 滤层变位 | 滤床集水系统中的反冲洗水带有空气 | 砂滤床的观察 | 若已完全变位，滤料必须更换，限制反冲洗的总流量及水头损失 |
| 反冲洗时滤料流失 | 反冲洗流量过大<br>刮除量过大<br>气泡附着于炭粒而浮起 | 反冲洗流量<br>反冲洗流程 | 降低反冲洗流量<br>在正式反冲洗前1～2min切断辅助刮除系统 |
| 在温暖的天气下无法以正常反冲洗率充分清洁滤床 | 由于温度高而使反冲洗水黏度减小 | | 增加反冲洗率直到预期的滤床膨胀达成 |
| 空气闭塞而使水头损失提早达到预设值 | 滤床人流水中含有溶解氧而接近饱和状态，并从滤床中放出 | 水头损失急速增加 | 经常反冲洗以防止气泡聚集太快 |
| | 反冲洗前水位降低且阻断流动而降低压力且放出气体 | 水头损失急速增加 | 保持滤床上的最大水深 |



**八、化学混凝**

1. 化学混凝的目的

(1) 使废水中的悬浮颗粒聚集成大絮体而易于沉淀。

(2) 混凝过程中由于絮体的吸附或电荷中和，能够去除部分有机物、重金属及会使水体透视度降低的物质。

(3) 助凝剂（高分子）的投加，则能使絮体结成更大的絮体而易于沉淀。

以上混凝处理目的可以通过以下途径达成：

(1) 加入硫酸铝等强阳离子电解质以降低临界电位。

(2) 加入阳离子电解质和卤化物产生氢氧化物以捕集絮体。

(3) 加入足够的阳离子聚合电解质，使临界电位降低至零而凝集。

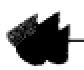
(4) 阴阳离子聚合电解质相互混凝。

(5) 负电荷胶体与阴离子或非离子聚合电解质凝集。

2. 化学混凝处理操作步骤

传统的混凝过程包括下列步骤：

(1) 将混凝剂与废水高速混合，目的在于使混凝剂在最短的时间内均匀分



布在废水中。

（2）慢混过程需要 20～30min，用以形成较大的可沉淀性絮体，为不使絮体因剪切力而破坏，建议使用多个连续的快混池来逐渐降低水流速度，避免絮体被水体剪切力破坏。

（3）可以加入阴离子或非离子聚合物，以使颗粒间的凝集作用加强。投加时需通过现场实验来确定投加量及合适的 pH 值。

（4）在混凝的过程中，如果能够将沉淀的絮体回流到慢混池，将可缩短混凝缩需的时间，并减少混凝剂的用量。

3. 化学加药系统故障解决策略

表 2－13　　化学加药系统故障解决策略

| 指标/观测现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方案 |
|---|---|---|---|
| 沉淀池放流水中浊度变高 | 不适当的加药量 | 现场小试 | 以小试确定正确的加药量 |
| | 加药系统中机械故障 | 一般的监视 | 修复加药系统的故障 |
| 加药泵管堵塞 | 药品的沉淀 | 一般监视 | 提供足够的稀释水 |
| 石灰沉淀在加药机中 | 速度太慢 | | 使用回流管线，避免沉淀堵塞 |
| 生石灰消化时产生高温现象 | 水量不足，造成反应温度太高 | 在消化之后有些颗粒尚未水合 | 加入足够的水 |
| 加药管线破裂 | 水锤和水力惯性 | 阀的位置 | 在泵启动之前先打开阀 |

4. 化学混凝故障解决策略

表 2－14　　化学混凝故障解决策略

| 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方案 |
|---|---|---|---|
| 不良的絮体及沉淀特性 | 快混时药品并没有充分的扩散 | 药品在快混槽并没有均匀分布 | 增加快混的速度 |
| | 快混时间过长 | 因停留时间过长而使絮体被破坏 | 降低快混时间 |
| | 加药量不适当 | 现场小试 | 根据现场小试确定正确的投药量 |
| | 慢混机速度太快 | 慢混机的转速 | 降低转速 |
| 絮体良好但沉淀性不好 | 慢混池及沉淀池间的流速太快 | 检查慢混池及沉淀池间的流速 | 降低流速 |



续表

| 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方案 |
| --- | --- | --- | --- |
| 沉淀池的污泥变成厌氧状 | 沉淀池的污泥呈现毯状 | 一般监视 | 增加污泥的去除量并防止再度形成毯状 |
| | 有多量二沉池生物污泥流入 | 二次放流水质 | 修正二次处理程序中的问题 |
| 絮体太细或沉淀不良 | 废水的 pH 值不合适 | | 测定废水的 pH 值 |
| | 所用混凝剂不合适 | | 选择合适的混凝剂，添加助凝剂 |
| | 混合状况不佳 | | 改善混合状况 |

**九、化学沉淀**

1. 化学沉淀处理的目的

（1）去除废水中的重金属，增加生物处理的适用性。

（2）去除废水中的磷酸盐，减少河流的富营养化。

（3）使废水溶液呈饱和状态，可同时去除水中其他的污染物质，如含色的有机物或无机物。



2. 化学沉淀处理故障解决策略

（1）化学沉淀处理用化学药剂选择的考虑因素。

a. 价格成本（化学药品）；

b. 化学沉淀溶解度；

c. 污泥量；

d. 二次污染；

e. 操作弹性；

f. 操作维护成本；

g. 污泥沉淀性；

h. 污泥固化、溶出试验；

i. 污泥脱水；

j. 土地利用、最终处理；

k. 氢氧化物与硫化物沉淀法比较（表 2－14）。

**表 2－15　　氢氧化物与硫化物沉淀法比较**

| 项目 | 氢氧化物 | 硫化物 |
| --- | --- | --- |
| 出流水水质 | 金属浓度尚可 | 金属浓度低 |
| 去除率 | 较好 | 可能有硫化物毒性存在 |
| 沉淀的 pH 值范围 | 窄 | 宽 |

续表

| 项目 | 氢氧化物 | 硫化物 |
|---|---|---|
| 复合金属 | 无法沉淀 | 可沉淀 |
| 六价铬 | 无法去除 | 没有还原成三价铬的形态也能去除 |
| 硫化氢气体 | 不会产生 | 当 pH 值小于 8 时会产生 |
| 化学药品 | 低 | 高 |
| 污泥沉淀体积 | 大量 | 较少 |
| 污泥处理 | 脱水、土地掩埋 | 脱水、土地掩埋 |
| 使用频率 | 普遍 | 较少 |

(2) 重金属氧化物去除效果不佳。

指标：

a. 污泥减少；

b. 出水不清；

c. 水呈颜色。

检查：

a. 重金属分析；

b. pH 值测定；

c. 沉淀符合。

对策：

a. 调整 pH 值；

b. 改善沉淀设施；

c. 添加助凝剂或混凝剂。

(3) 由于沉淀或污泥脱水化学药剂回流不当，造成初沉池污泥悬浮。

指标：

a. 化学处理初期初步沉淀池污泥或气泡上升；

b. 污泥沉淀不良；

c. 脱水性能不佳。

检查：

a. 确认化学药剂用量；

b. 进行现场小试，确认回流化学药剂的影响；

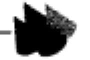
c. 确认加药顺序和快混慢混的程度。

对策：

a. 确认混凝剂浓度及加药点，使其达到最高效率；

b. 需要适当的快混时间，再通过慢混形成絮体；

c. 调节加药量使其与废水流量及浓度相配合，监视处理后的出水浊度。



## 十、化学中和

1. 化学中和的目的

a. 调节 pH 值使废水适合于生物或化学处理；

b. 调节 pH 值使废水符合放流水水质标准；

c. 求得最佳化学加药量，符合经济原则。

2. 常见问题对策

1）石灰石中和效率降低。

指标：

a. 呈现泡沫；

b. 水流堵塞。

监视：

a. 酸性废水的浓度；

b. 负荷大小；

c. 出水 pH 值。

对策：

a. 减少流速；

b. 出水以 $CO_2$ 曝气；

c. 更换石灰石。



2）化学中和产泥量大及堵塞问题。

指标：

a. 污泥产量大；

b. 水泵、管道堵塞。

监视：

a. 出泥量；

b. 投药流量；

c. 混合液悬浮固体含量。

对策：

a. 采用氢氧化钠中和来降低污泥产量；

b. 泡制的石灰水浓度不宜过高，以免沉淀或堵塞管道；

c. 泡药品时注意不要让把包装袋的线头等杂物掉入，以免堵塞水泵。

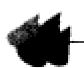
## 十一、化学氧化

1. 化学氧化的目的

化学氧化的目的包括：

(1) 使废水有机物质经快速的氧化转化为二氧化碳、水、二氧化氮等，用以减少 BOD 及 COD。

(2) 使废水中不易被生物降解的物质经化学氧化后转变为可以被生物所



利用。

(3) 增加废水中的溶氧性以减少臭味。

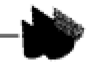
(4) 使废水中呈色物质转化为无色物质以增加透视度。

(5) 化学氧化具有杀菌消毒的功能。

2. 臭氧处理系统故障解决策略

表 2-16 臭氧处理系统故障解决策略

| 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方法 |
|---|---|---|---|
| 臭氧产生器过热或停机 | 风扇或冷却系统故障 | 风扇放热孔堵塞 | 清洁放热孔 |
| | | 风扇是否旋转 | 润滑风扇轴承 |
| | | 风扇带松弛 | 调整风扇带或更换 |
| 臭氧产生器没有电压或电流 | 熔断器断了 | | 更换熔断器 |
| | 控制电路熔断 | | 找出并修理错误 |
| | 连接电路失效 | 确定所有电路及配电盘间的连接都已关闭；检查气体流量的连接关闭 | 更换电路及配电盘间的连接开关；检查再设功能设定正确的气体流量 |
| | 无主动力 | 远端的主要破碎机 | 再设主要破碎机 |
| 满电压、无电流 | 主要震动器失灵 | 熔断器 | 找出故障并加以维修；更换熔断器 |
| | 控制电路失灵 | 继电器和加热器检查；风扇旋转确认 | 更换继电器；风扇轴承润滑 |
| 低臭氧产量 | 进流气体露点高 | 检查露点 | 找出进流气体的缺陷并加以修理 |
| | 进流气体臭氧纯度减少 | 进流氧气含量 | 同上 |
| | 重要的单元熔断器熔断 | 检查熔断器 | 更换熔断器 |
| | 单元外部脏污 | 冷却空气的清洁 | 清洁单元模组，包括冷却空气的清洁 |
| | 气体流量低 | 气体流量和压力 | 设定正确的进流压力 |
| 可侦测到臭氧臭味 | 臭氧外泄 | 歧管与凸缘连接一旦有臭氧外泄，浸有碘化钾的纸巾会变成紫色 | 拧紧或修理有连接缺陷的地方 |
| 当操作开始时，低电压会降至零 | 整流器熔断器熔断 | 熔断器 | 找出并修理故障 |
| | | | 更换熔断器 |
| 满电压，1/2 电流，增加噪声 | 主要震动器故障 | | 立即关掉，并用备用的单元替代 |



续表

| 指标/现象 | 可能原因 | 检查或监视 | 解决方法 |
|---|---|---|---|
| 消毒效果不佳 | 低臭氧剂量 | 臭氧产生器输出 | 增加剂量 |
| | 二级处理出流水质恶化 | 二级处理出水浊度 | 改进二级处理厂的操作 |
| | 扩散器部分堵塞 | | 清洁扩散器 |

## 第二节　水处理化学药剂概述

水处理过程中，物理化学段采用化学水处理药剂处理废水，作为成熟工艺，因其处理效率高，经济又简便的特性而被广泛采用和发展。水处理化学药剂按化学成分可分为无机、有机和微生物三类；按分子量大小可分为高分子和低分子絮凝剂；根据官能团的性质及离解后电荷情况也可分为阳离子型、阴离子型及非离子型絮凝剂。

### 一、无机化学药剂

无机絮凝剂主要是铁、铝盐及其水解聚合产物，而以羟基多核络合物或无机高分子化合物存在的无机高分子絮凝剂的运用越来越广泛了。

常用无机低分子絮凝剂如表 2－16 所示。



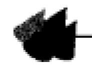
表 2－16　　常用无机低分子絮凝剂

| 药剂名称 | 分子式 | 代号 | pH 值 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硫酸铝 | $Al_2(SO_4)_3 \cdot H_2O$ | AS | 6.0～8.5 | 絮凝沉淀 |
| 结晶氯化铝 | $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ | AC | 6.0～8.5 | 絮凝沉淀 |
| 硫酸铝铵 | $(NH_4)_2Al_2(SO_4)3 \cdot 24H_2O$ | AA | 6.0～8.5 | 絮凝沉淀 |
| 硫酸铝钾 | $K_2SO_4Al_2(SO_4)3 \cdot 24H_2O$ | KA | 6.0～8.5 | 絮凝沉淀 |
| 硫酸亚铁 | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | FSS | 8.0～11 | 絮凝脱水 |
| 硫酸铁 | $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 12H_2O$ | FS | 8.0～11 | 絮凝脱水 |
| 氯化铁 | $FeCl_3 \cdot H_2O$ | FC | 4.0～11 | 絮凝脱水 |

常用无机高分子絮凝剂如表 2－17 所示。

表 2－17　　常用无机高分子絮凝剂

| 药剂名称 | 分子式 | 代号 | pH 值 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 聚合氯化铝 | $[Al_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$ | PAC | 6.0～8.5 | 絮凝脱水 |
| 聚硫氯化铝 | $[Al_4(OH)_{2n}Cl_{10-2n}SO_4]_m$ | PACS | 6.0～8.5 | 处理河水 |
| 聚合硫酸铝 | $[Al_2(OH)_n(SO_4)_{3-n}]_m$ | PAS | 6.0～8.5 | 絮凝沉淀 |
| 聚合氯化铁 | $[Fe_2(OH)_nCl_{6-n}]_m$ | PFC | 4.0～11 | 絮凝脱水 |
| 聚合硫酸铁 | $[Fe_2(OH)_n(SO_4)_{3-n}]_m$ | PFS | 4.0～11 | 絮凝脱水 |



续表

| 药剂名称 | 分子式 | 代号 | pH 值 | 用途 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 活化硅酸 | $Na_2O_xSiO_{2y}H_2O$ | AS | 4.0～9.0 | 助凝 |

**二、有机高分子絮凝剂**

有机高分子絮凝剂分为天然和人工两大类。人工合成有机高分子絮凝剂均为水溶性聚合物，通常分为阴离子型和阳离子型。合成高分子絮凝剂主要有聚丙烯酰胺及其同系物、衍生物等线性高分子物质。天然高分子絮凝剂主要品种有淀粉类、多聚糖类、蛋白质类、壳聚糖类，表 2－18 所示。

表 2－18　　天然高分子絮凝剂

| 类型 | 药剂名称 | 带电性 | 代号 | 用途 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 淀粉类 | 玉米粉、糊精 | 阴离子型 | | 絮凝沉淀 |
| 蛋白质类 | 明胶、骨胶 | 多型 | | 絮凝沉淀 |
| 藻类 | 海藻酸钠 | | SA | 絮凝沉淀 |
| 多聚糖类 | 番叶、白胶粉 | 阴离子型 | | 絮凝沉淀 |
| 甲壳类 | 壳聚糖 | | | 絮凝沉淀 |

合成高分子絮凝剂运用较多的是聚丙烯酰胺，主要起助凝作用，目前被广泛运用于各种水处理工艺中。



## 第三节　如何正确理解物化处理和生化处理的关系

本书重点向读者介绍的是活性污泥法处理工艺的基本实践知识，前述物化处理方法目的在于帮助读者能够更好地了解活性污泥法处理工艺。

由于生物处理系统的主体是有生命的细菌，为此，其受环境的变化影响较大，诸如：pH 值的波动、供氧的不足、负荷的冲击、有毒物质的流入等等，对生化系统造成的不良影响直接会反映在出水指标的波动。所以，生化系统前段会设置物化系统，通过物化系统对废水的预处理，来减轻对后段生化系统的冲击。

同时，生化系统出现故障的时候，往往也要借助于物化系统的运行调整来协助生化系统恢复正常状态。如通过调节池来缓解因冲击负荷导致的出水恶化；也有特意增加初沉池出水颗粒含量，以提高活性污泥的沉降性，应对污泥膨胀的不良作用。

废水处理中以物化和生化系统相结合的处理工艺较为常见，如何协调和顺畅的保证两系统间的有机结合和工艺操作互补是操作管理人员需要认真考虑的问题。本书将在活性污泥工艺控制章节加以详细阐述。



# 活性污泥法工艺控制

## 第一节　工艺控制概述

### 一、工艺控制的内容

活性污泥法工艺控制的项目相当的多，这也是众多一线操作人员在工艺控制过程中把握困难的一个原因。就单个控制项目来讲，大家把握起来比较容易，但是如何系统地通过各控制项目实际情况的分析、把握、调整来达到较佳的运行工况，确实是相当的困难。

活性污泥法工艺控制中，主要需要针对如下项目：

（1）pH 值：pH 值的控制不但是排放水要求的控制，更是对活性污泥法主体微生物生长条件的要求。控制不好直接影响处理效果，甚至造成生化系统的瘫痪。

（2）水温：进入活性污泥法处理系统的原水，其水温控制也很重要，适合的水温是发挥活性污泥法最高处理效率的基本前提条件。

（3）原水成分：活性污泥法作为处理有机污染物的首选处理工艺，有机污染物的浓度固然重要，但是其水质成分的均匀、全面性也是至关重要的。有时候排除大量干扰因素后，会发现处理水处理效率低下往往是由于原水成分不均匀、水质成分单一造成的。

（4）食微比（F/M）：污泥负荷的调节和控制是操作人员对系统控制和调整的常用方法，往往在应急调整中被用到，当然也是系统长期稳定需要经常调节的工艺控制参数。

（5）溶解氧（DO）：活性污泥法工艺的微生物皆以耗氧菌为主体，缺乏溶解氧的时候首先影响的是处理效率，更甚者会对整个活性污泥系统产生抑制，使恢复周期延长；而过度的溶解氧也会影响出水水质。就其控制而言就显得尤为重要，由于控制简单，往往会被一线操作人员忽略，从而对系统长期处理效果评价产生影响。

（6）活性污泥浓度（MLSS）：控制活性污泥浓度对有机污染物的去除率、抗冲击负荷能力、出水悬浮颗粒浓度、节能降耗等都有显著的影响，也是日常操控常用的系统运况调整工具。

（7）沉降比（$SV_{30}\%$）：沉降比作为现场监测活性污泥系统运行状况最简易、有效的方法，却往往被操作人员忽略，此控制指标对整个活性污泥系统故障的及早发现具有重要的参考价值，掌握好对这一控制指标的认识，自然对我



们操作活性污泥法系统具有重要意义。

（8）污泥容积指数（SVI）：这一指标对刚开始涉及现场的技术人员来讲，理解并运用到对系统工艺的判断上面，还是有一定困难的。但是，能够充分的理解其本质含义，对判断活性污泥处于何种增长状态、污泥膨胀情况、活性污泥浓度等也具有相当的参考价值。

（9）污泥龄：就活性污泥主体的微生物而言，其生命周期也是存在的，在不断地增殖、死亡交替过程中，也完成了对有机污染物的去除。这一指标的控制得当，可以解决困扰运行的出水混浊、含有细小活性污泥颗粒等问题，是一个非常重要的控制指标。

（10）回流比（%）：活性污泥回流比在工艺控制中，其目的是为了补充活性污泥槽流失的活性污泥，达到处理的平衡。却很少有人能够理解在工艺控制中，回流比的大小对处理效果的影响。

（11）营养剂的投加：活性污泥的正常代谢和人体一样需要多种元素，除了需要的正常蛋白质外，对氮、磷、铁、锰等也有不同的需求。我们在这方面的基本认识，是系统分析活性污泥系统很重要的一块基本知识。

**二、工艺控制的重要性**

活性污泥法的运行需要众多控制参数的合理调控，只有这样，才能很好的保证活性污泥处理工艺的正常、高效运行。所以，我们必须充分认识活性污泥法工艺中工艺控制指标的重要性。

控制指标是大家在日常工作中经常能够遇到的，对有些指标自己也有充分的认识。但是，实际操作管理中，总觉得无法很好的根据一个指标进行调控，并取得满意的效果。原因就在于忽略了各指标间的关系，以及如何从总体角度去分析运行故障。要很好的达到较高的整体把握能力，就必须对单个指标的运用进行充分的认识。



## 第二节　工艺控制指标

**一、pH 值**

**1. 书面定义及实践操作的理解**

（1）pH 值的书面定义。pH 值是体现某溶液或物质酸碱度的表示方法，表示水中氢离子（$H^+$）浓度值。pH 值分为 0 ~ 14 范围，一般 0 ~ 7 属酸性，7 ~ 14 属碱性，7 为中性。

（2）pH 值在实践操作中的理解。污水、废水处理过程中，往往会出现进流水 pH 值出现异常波动，单靠调节池等设备自身调整，有时也无法达到系统可承受的 pH 值范围（通常为 6 ~ 9）。这种情况下，如果不对进流后的污水、废水进行 pH 值调整，将会对物化处理段和生化处理段造成明显的影响。



2. pH 值异常波动对各处理段的影响（表 3－1）

表 3－1　　pH 值异常对各处理段的影响

| 异常 pH 值表现 | 物化段影响 | 生化段影响 |
|---|---|---|
| pH 值过低（低于 6） | 混凝处理段絮体细小、混凝效果差；初级沉淀池出水混浊，堰口有生物膜或青苔剥落 | 活性污泥系统池面有酸味；处理效率下降；原生动物活动减弱 |
| pH 值过高（大于 9） | 混凝处理段絮体粗大、间隙水混浊，混凝效果差；初级沉淀池出水混浊，堰口有生物膜或青苔剥落 | 出水混浊；处理效率下降；活性污泥有解体现象；原生动物可见死亡解体 |

3. 污水、废水 pH 值调整注意点

首先，污水、废水的 pH 值调整，以废水中和废水最为经济节能，可通过调整池的水质调整达到以上目的。废水的混和可在一项处理工序内完成，也可在相邻工厂之间完成，利用碱性废水或碱性废渣中和酸性废水。例如，建筑材料厂产生碱性废水（石灰和氧化镁），在加以均化后，用泵送至附近化工厂与酸性废水混合。这样结合所得的中性废水就比较适合进行最终处理了，完全达到了以废治废的目的，使双方企业既节约了资金，也减轻了环境污染负荷。



在实际的污水、废水 pH 值调节过程中，经常会遇到如图 3－1 所示的 pH 值中和突跃现象，使得调整污水、废水 pH 值的时候很难真正调整到 pH 值为中性，特别是水量大、污水、废水 pH 值过高或过低的废水时，使用强酸强碱中和效果尤为明显。遇到这种情况还是要充分发挥调节池的作用，通过连续的中和药剂投加、频繁的监测观察，保证中和后的污水、废水 pH 值不致过大的偏离中性值。就实际操作过程来看，污水、废水最终调节的 pH 值宁愿偏碱性而不要偏酸性。原因在于：

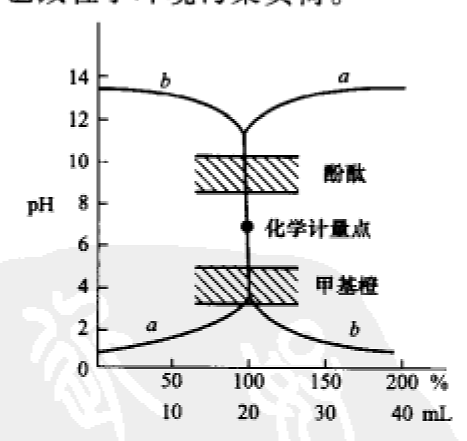



图 3－1　NaOH 与 HCl 的滴定曲线

c（NaOH）＝c（HCl）＝0.01000mol. $L^{-1}$

（1）酸性污水、废水更容易腐蚀污水、废水处理设施。

（2）偏碱性废水更利于后段混凝沉淀的效果提升。

（3）就活性污泥主体微生物来说，抗碱性污水、废水能力要优于抗酸性污水、废水能力。

（4）偏碱性废水更容易形成氢氧化物沉淀而为污染物的进一步去除提供了便利。

在中和酸性污水、废水的时候，如果污水、废水中需去除颗粒较多时，采用氢氧化钙要优于使用氢氧化钠的效果，特别是兼带去除废水中的磷酸盐时。



4. pH 值和其他控制指标的关系及联合分析方法

（1）pH 值与水质水量的关系。pH 值的异常波动，并对污水、废水处理系统构成威胁的情况，更多的是发生在以处理工业废水为目的的污水、废水处理厂。当企业瞬间排放水洗水、着色液、前处理废水的时候，往往伴随大水量、过低或过高 pH 值的废水。此时，水中其他污染物指标并不高，仅仅在 pH 值的波动上显得特别突出。究其原因还是以水洗水、前处理水为主的此类废水所特有的低有机污染物、低悬浮颗粒为代表的低浓度清洗水为主。

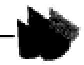
熟知此类废水的特性，除了要充分利用调节池的功能外，也需要我们操作人员走出去，与排放此类 pH 波动过大的污水、废水排放源单位建立联系，以便提早预知并做好对应的策略准备，这样的工作还是相当重要的，否则，在不能备有多量中和药剂的情况下，一旦因为药剂不足导致无法中和高浓度污水、废水时，将对后续的活性污泥系统造成相当大的影响。

（2）pH 值与活性污泥沉降比的关系。活性污泥沉降比通常受 pH 值的冲击影响较大，表现得也比较快速和明显。因以细菌为主体的活性污泥对 pH 值的耐受存在一定的限度，当受到过高或过低的 pH 值污水、废水冲击的时候，在沉降比检测时，往往可以看到，活性污泥沉降缓慢，上清液混浊，甚至发现液面有漂浮的活性污泥絮体。通常 pH 值低于 5 或高于 10 时对活性污泥的影响快速而明显，活性污泥系统受抑制恢复也需要相当长的时间。

（3）pH 值与活性污泥浓度的关系。从实践方面来看，pH 值对活性污泥造成冲击，往往是由于系统操作人员没有及时发现入流废水的 pH 值变化，或者是中和药剂短缺导致中和失败。单就活性污泥对大波动 pH 值污水、废水的耐冲击性而言，越高的活性污泥浓度越能耐受大波动 pH 值污水、废水的冲击，抗冲击持续时间也较低活性污泥浓度时为佳。但在大波动 pH 值污水、废水冲击过后，系统需要排出受冲击的活性污泥，利用快速增殖的新生活性污泥来尽快恢复活性污泥的正常处理功能。

（4）pH 值与活性污泥的污泥龄的关系。pH 值与活性污泥的污泥龄，读者可能觉得其间并无直接联系，但是正如上文中所说的，在大波动 pH 值污水、废水冲击过后，活性污泥系统需要排出受冲击的活性污泥，来恢复正常的处理功能，其中的排泥过程就可以理解为通过降低活性污泥的污泥龄，来使活性污泥处于对数增长期，以获得最佳的增殖和系统恢复速度。只是系统恢复阶段很难控制入流污水、废水中污染的浓度，为此，常会出现系统恢复期的排放处理水出水指标超标的现象。

活性污泥虽受大波动 pH 值污水、废水的冲击，但是其吸附能力将伴随到其死亡分解阶段，只是活性污泥受大波动 pH 值污水、废水的冲击后沉降絮凝性变差，游离在水中后，常常会随放流水排出处理系统，导致处理水指标（COD、SS）超标。为此，对应的策略是在生化处理出水段投加絮凝剂来暂时缓解因过



量活性污泥解体导致的出水指标超标现象。

（5）pH 值与活性污泥回流比的关系。应该说活性污泥受大波动 pH 值污水、废水冲击的影响程度与 pH 值波动的大小、持续时间、活性污泥原有状态等存在关联。就持续时间而言也是相当重要的指标，凡当生化系统整池水体 pH 值上升超过 10 的时候，持续时间超过 2h，将需要 2 天的时间来恢复整个活性污泥系统的正常运转。所以，这里有必要要求我们的系统操作管理人员采取一切手段来降低大波动 pH 值污水、废水对活性污泥系统的作用时间。其中可以有效利用的就是加大活性污泥的回流比，在预计大波动 pH 值污水、废水冲击程度较大的情况下，可以将活性污泥回流系统开至最大，以最大限度的调动二沉池内的中性废水去稀释进入生化系统的大波动 pH 值污水、废水。通过这样的回流比调整，在大波动 pH 值污水、废水冲击不是太强大的情况下，往往可以缓解对生化系统的冲击影响，至少可以最大限度的保护活性污泥系统，争取到更快速的系统恢复时间。

**二、水温**

1. 书面定义及实践操作的理解

（1）温度的书面定义。物体的温度反映了物体内部分子运动平均动能的大小。分子运动愈快，物体愈热，即温度愈高；分子运动愈慢，物体愈冷，即温度愈低。这种现象被描述为一个物体的热势，或能量效应。当以数值表示温度时，即称之为温度度数。



（2）水温在实践操作中的理解。

其实，和水处理息息相关的是被处理污水、废水的温度，即水温。

在全年度的水温变化方面，我们通常会看到水温的变化通常是由气温的变化引起的，也会清楚地发现夏天的处理效率高于冬天的处理效率。

而由排放企业所排出的中高温废水在工业废水处理中也有被遇到的。通常其因温度过高原因对系统的冲击是明显高于因季节变化引起的冲击的。为此也需要对工业企业排放的污水、废水进行冷却预处理。

2. 水温异常波动对各处理段的影响

**表 3－2　　水温异常对各处理段的影响**

| 异常水温表现 | 物化段影响 | 生化段影响 |
|---|---|---|
| 水温过低（低于 10℃） | 混凝效果变差，絮体细小；耗药量增加；初沉池处理效率下降 | 处理效率降低，抗冲击能力减弱；出水未沉降絮体增多 |
| 温度过高（高于 40℃） | 无明显影响，在缺氧状况下，沉淀池底泥容易上浮 | 部分活性污泥受高温环境影响，容易导致解体；同时受具体活动活跃影响也会导致出水混浊发生 |

3. 污水、废水温度调整注意点

水温的调整对后续处理装置的运行影响虽然没有 pH 值波动带来的负面影响



大，但是，我们在长期观察中还是可以发现其对生化处理系统的中长期影响，特别是处理效率提升困难、丝状菌膨胀、出水混浊等情况比较常见。

对于污水、废水温度的调节特别是低温水对处理系统造成的处理效率低下的问题，通常在设计阶段，考虑到北方气温的影响，更多的建造地下或半地下室及室内处理设施比较有效。对于高温污水、废水，增设冷却塔等设施会造成比较大的投资和运行费用，通常可通过利用调节池或者增设生物塔等设施来兼带的达到降低污水、废水温度的目的。

所以，对污水、废水水温的调节，在设计阶段的考虑充分显得尤为重要。同时，在系统运行故障发生的时候，对于长期性困扰的难题，也应考虑是否活性污泥对水温比较敏感的问题并加以确认。

**4. 水温和其他控制指标的关系及联合分析方法**

（1）水温与混凝效果的关系。如前所述，混凝过程往往有多种因素限制和作用，其中就包括水温的影响。水温过低，分子间活动减弱，絮凝的机会和效果受到限制，特别是在水中颗粒杂质不多的情况下，絮凝效果变差就显得特别明显，通过观察发现的絮体细小、间隙水混浊可以验证水温偏低对絮凝效果的影响。我们认为水温低于10℃时，其对混凝效果的影响开始显现，7℃以下时会产生明显的混凝影响。

（2）水温与活性污泥种群的影响。众所周知，活性污泥的主体是微生物，即细菌，我们在观察温度对细菌的影响时，由于观察细菌的难度较大，所以在实际工艺控制中依靠直接观察细菌受温度影响的程度显得不太切合实际，而通常观察活性污泥中原生动物的种群变化可以发现水温对活性污泥的影响。通常过低的水温就原生动物的影响而言，表现在原后生动物数量降低、活动受限、部分种类消失等现象。

以代表性原生动物小口钟虫和楯纤虫为例，通常在水温较低的情况下，楯纤虫数量较少，小口钟虫数量也会明显减少。而在高水温（高于40℃）的情况下，楯纤虫将会消失，小口钟虫消失甚至死亡。

（3）水温与活性污泥沉降性的关系。活性污泥的沉降性受多种因素的影响，水温也是其中的一个原因。与物化段混凝处理受水温过低导致絮体细小，混凝效果不佳一样，水温过低也同样导致活性污泥活性降低，分解有机物耗时增加，表现在完成沉降及泥水分离的时间延长，自然体现在二沉池上就是可见活性污泥集团上扬，细小颗粒流出堰口的现象时常发生。同时，由于分解有机物时间延长，导致处理效果降低，在做沉降比试验时，往往上清液有朦胧模糊的现象产生，这都是有机物降解不彻底的原因。

**三、原水成分**

**1. 原水成分定义及实践操作的理解**

（1）原水成分定义。所谓原水成分，我们通常把它理解为进入污水、废水



处理系统前的污水、废水。因原水成分对系统处理效价影响颇大，我们需要系统的分析原水成分，以期在统括管理整个系统时能够做到全局性的认识和调节。

（2）原水成分在实践操作中的理解。

1）城市生活污水的水质成分。生活污水主要来源于日常生活过程中，其中包括化粪池的溢流水、厨房的洗涤水以及其他洗涤用水等。生活污水就成分而言，其主要特点是：氮、磷、硫含量高；污水中含有大量纤维素、淀粉、糖类、脂肪、蛋白质和尿素等；常含有大量合成洗涤剂和磷（洗涤剂不易被生物降解，磷可使水体导致富营养化）；排放的生活污水水体中会含有多种微生物，如每毫升生活污水中就含有上百万个细菌，并含有多种病原体，虽不易直接造成人体感染，但长期接触也增加了感染的机会。

生活污水因为含有大量的有机污染物，不经处理就直接排放到水体的话，将会造成水体功能的降低和水环境恶化，并将危害居民的身体健康。

生活污水虽然有机物含量高，导致富营养化物质多，但是，就其成分的稳定性和对活性污泥的冲击来讲，较工业废水要好的多。我们在前面章节所说的活性污泥的主题细菌所对应的食物来源就是有机物，而生活污水中的有机物又是属于降解性颇高的有机物类，因此对活性污泥法处理而言是相当适合的。而水体中的富营养化物质，由于其也是活性污泥主体细菌细胞合成所必备的营养元素，因此在一定程度上也提供给了活性污泥生长所必需的生长元素，所以，在污水、废水处理过程中能够看到此类富营养化物质被降解掉。只是超过了活性污泥生长繁殖所需要的营养物质需求量时，会出现排放水体中此类富营养化物质的超标排放。



当然也会发生生活污水中富营养化物质氮磷不足的现象，这通常是由于混入过多的工业废水或天然雨水所致。为保证活性污泥正常生长繁殖，还是需要补充这部分营养物质（氮磷），以满足微生物生长繁殖合成细胞壁时的所需。

2）工业废水的水质成分。工业废水因为成分复杂、降解困难，是水体污染最重要的污染源，它量大面广，含有污染物种类繁多，有些成分在水中分解困难而不易降解净化，处理起来就有相当的难度。就工业废水的成分而言，其主要特点是：悬浮物质含量通常较高；降解耗氧量高，部分有机物一般难以降解，有的甚至对微生物产生毒性或抑制作用；有机物浓度波动巨大，对系统耐冲击要求高；pH 值受工艺影响，排放废水时波动巨大；水温变化大，直接排放水体或进入处理系统可造成系统运行不稳定和热污染的产生；重金属及有毒有害物质多。

工业废水因为具备以上的水质成分特性，在处理过程中往往需要物化处理配合的需求更大，有的水质成分则不需要生化处理或者说无法进行生化处理。由于工业废水成分单一，在系统处理工业废水中常会遇到如表 3－3 的问题。



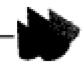
表 3-3　　工业废水处理常遇问题

| 工业废水特性 | 对物化段的要求 | 对生化段的影响 |
|---|---|---|
| 悬浮物质含量高 | 通常理解为悬浮物含量高，增加混凝剂投加量即可，但是，实际操作中，往往发现控制困难，为此，需要经常通过现场小试来调整药品投加的合理性 | 通常过高的悬浮物含量会对物化段造成较大的负担，导致混凝沉淀失败的情况也会增多，随即此部分悬浮物质进入生化系统将会对系统稳定运行造成影响，主要是惰性物质增多，上清液混浊发生比较常见 |
| 降解耗氧量高 | 降解耗氧量高不会对物化段造成过大的影响，主要表现在初级沉淀污泥容易腐败上浮。通过合理的排泥频率来达到抑制污泥上浮运用较多 | 高降解耗氧量的物质，往往属于难降解有机物，对生化系统造成的压力较大，表现在充氧需求量大、活性污泥浓度高、降解率低等弊端比较常见，这也是处理成本高的原因 |
| 难降解有机物 | 难降解有机物对物化系统影响不大，除部分电性表现不明显的物质对混凝沉淀有影响外，其他方面尚可，相反，为了缓解难降解有机物对生化系统的冲击，需要强化物化系统的处理深度 | 难降解有机物的影响主要表现在受处理所需停留时间的延长，在设计不足的情况下容易导致出水指标过高；同时部分难降解有机物对活性污泥有一定的抑制作用，对活性污泥的泥水分离也产生影响 |
| pH 值影响 | 物化段的影响主要是对设备的腐蚀和混凝效果的影响方面比较明显；对进流水进行 pH 调整也就成为必然 | 活性污泥中微生物本身对生长环境的 pH 值有要求的，如 pH 值波动过大及长时间的作用于活性污泥的话，将对微生物正常代谢产生影响 |
| 水温变化大 | 水温的波动同样对物化段的影响不大，并可通过物化段来降低水温 | 生化段的低温处理效果差；高温引起微生物解体死亡是温度影响活性污泥的基本表现 |
| 含有重金属及有毒有害物质 | 重金属及有毒有害物质对物化段同样影响不大，但是，也需要在物化段对这些物质进行重点去除 | 活性污泥对有毒物质及重金属的反应有快速和滞后的表现，这和重金属、有毒物质的浓度、种类、接触时间有关；活性污泥反应出来的表现多为解体和活性降低 |

2. 原水成分在实际污水、废水处理工艺中认识方面的注意点

（1）明确原水成分波动对生化系统的影响。生化系统要求建立的运行环境是水质均匀、波动小、冲击少这样的环境。如何做到这些方面的稳定化原水入流，更能保证生化系统的中长期稳定是我们需要考虑的。往往生化系统因为进水等原因导致系统处理效率及运行稳定性受到影响，恢复的时候，由于影响面是系统性的问题，所以，要恢复到正常的水平需要较长的时间调整。

（2）原水成分对混凝效果的影响。混凝对原水中颗粒物质含量及带电性也有较高的要求，对原水中颗粒物质含量偏少的污水、废水，由于颗粒间碰撞机会少、絮凝吸附能力相对不足、整沉效果不明显，所以，对低悬浮颗粒污水、



废水需要增加在混凝池内的停留时间。而高悬浮颗粒废水，将消耗大量混凝药剂，同时，形成的大量絮体颗粒在搅拌的作用下相互碰撞，导致絮体结构折断，表现在上清液混浊，间隙水不清澈。

3. 原水成分和其他控制指标的关系及联合分析方法

（1）原水成分和 pH 值的关系。原水进流成分一般比较复杂，但是，通过长期的原水成分监测和数据整理也能够得出较正确的原水成分，这对工艺调整的判断参考和系统总体把握具有重要的参考意义。

以工业废水为例，pH 值的变化往往受工艺影响而出现间歇性的排放，如更换工艺中的水洗水、酸洗水、系统排水等。但多股废水同时汇集入流到废水处理系统时，就会出现进流水的 pH 值异常波动。通常情况下，原水 pH 值异常时，其废水成分也变化复杂，但是其有机物浓度通常较低，而工业排水往往会带有重金属及特殊化学药剂的排放，此时的废水处理中对工艺的冲击同样存在。

就处理对策而言，纠正异常的 pH 值是保证后续工艺正常运行的重要保证。如伴有大水量时，预先准备足够的酸碱是必要的，发挥调节池的作用也甚为需要。

（2）原水成分与活性污泥浓度的关系。原水成分异常波动，将不利于后续生化系统的正常运行，这个问题在前面的知识点中已有所说明。其主要成分变化对活性污泥的影响如表 3－4 所示。



**表 3－4　　原水成分变化对活性污泥的影响**

| 原水成分变化 | 对活性污泥的影响 | 原因分析 |
| --- | --- | --- |
| pH 值异常波动 | 抑制生长、导致死亡 | 不适合的生长环境 |
| 有机物浓度过高 | 造成冲击负荷，沉降性差 | 微生物增长迅速，活性高 |
| 有机物浓度过低 | 活性污泥易老化 | 食物供给不足，活性污泥死亡 |
| 悬浮颗粒浓度过高 | 物化段去除不足，活性污泥有效成分低 | 混杂过多固体颗粒，造成活性污泥浓度增长的假象 |
| 进水含有有毒物质 | 活性污泥解体，活性抑制 | 中毒发生，细胞合成受到抑制 |
| 表面活性剂过多 | 池体泡沫过多，充氧效率低 | 覆盖池体液面，沿转移率低 |

在实际运行中，特别要注意原水成分中惰性物质过多给活性污泥浓度虚假增高带来的假象，往往操作人员认为不排泥，活性污泥浓度高了，自然处理效率就高了，其实是由于过高的活性污泥浓度中含有多量惰性物质，其有效活性污泥不多，结果只是出水悬浮颗粒多，而处理效率变低了。

（3）原水成分与食微比的关系。食微比的概念将在下一个控制指标中加以说明。食微比中的 F 值与原水成分的关系比较密切，进水可利用有机物的多少决定了 F 值的大小，也间接控制了 M 值所需控制的范围。

当进水成分中有机物浓度较高时，会引导活性污泥浓度的快速增长，相反

当进水有机物浓度较低时，活性污泥浓度也会有所降低，以适应降低的进水有机物浓度。

**四、食微比（F/M）**

1. 食微比书面定义及实践操作的理解

对于食微比的书面定义，应该说比较牵强，因为，教科书上似乎没有注解的，更多的是用 F/M 值来表示的，这里运用食微比的说法，无非是让大家更容易掌握罢了。我们把 F 值比做食物，把 M 值比做微生物，由此，食微比的概念就被提出来了。运用食微比概念，使读者生动得了解活性污泥法的基本原理，诸如此类是本书的特点所在。

实践运用中要突出食微比概念中食物与微生物的关系，让我们通过生动的例子来说明食微比的概念吧。

M 值即 MLSS，是活性污泥浓度的意思，就是活性污泥存在的数量。活性污泥是由微生物组成的，记住是有生命的微生物。那么，我们假设微生物是一座庙里的和尚，而 F 值是食物，原本是有机物即微生物待分解的食物，但在这里我们把它理解为是和尚的口粮。

好啦，问题来了，食物对于庙里的和尚来说会有如表 3－5 所示的三种情况和结果。



表 3－5　　食微比形象理解表

| 口粮情况 | 和尚生活状况 | 最终结果 |
| --- | --- | --- |
| 口粮富余 | 营养状况好，新和尚来了 | 庙里香火旺盛 |
| 口粮紧张 | 营养状况差，新和尚不来了 | 香火勉强维持 |
| 口粮严重不足 | 和尚容易得病，有的死了 | 和尚数量少了很多 |

通过上表，我们可以清楚的理解到：活性污泥数量的控制不是人为的，而是完全取决于进水有机物的浓度。也就是我们需要了解的一个基本概念：有多少食物才可以养多少微生物。应该说这也是一个非常容易理解的问题，只是，大家不去重视这个问题而已。所以，在实际操作过程中经常会看到不懂得为什么要对活性污泥进行排泥，或者不知道控制多少活性污泥浓度是合适的。回答这些问题，只要充分领会“有多少食物才可以养多少微生物”这个概念就可以了。

2. 食微比的计算方法

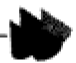
食微比（F/M）实际应用中是以 BOD—污泥负荷率（$N_s$）来表示的。

$$N_s = QL_a / (XV) \ [kgBOD_5/(kgMLSS \cdot d)]$$

式中　$Q$——污水流量（$m^3/d$）；

$V$——曝气容积（$m^3$）；

$X$——混合液悬浮固体（MLSS）浓度（mg/L）；



$L_a$——进水有机物（BOD）浓度（mg/L）。

3. 食微比计算公式的理解

从上边公式中我们可以发现，公式本身需表达的含义是：在一天内进入处理系统的有机物量与已有的活性污泥量的比值关系，继而为食物数量决定微生物数量的观点提供实际的数值上的参考。为此，操作人员应该高度重视此公式的运用和含义。特别是系统发生故障时，一定要运用此公式对系统进行运行状况的确认，大多数运行故障多与食微比的控制不合理存在关联。

4. 食微比参考控制值

表 3－6　　食微比参考控制值

| 序号 | 运行工艺 | 食微比控制值 $kgBOD_5$/（kgMLSS・d） |
|---|---|---|
| 1 | 传统活性污泥法 | 0.2～0.4 |
| 2 | 阶段曝气法 | 0.2～0.4 |
| 3 | 生物吸附法 | 0.2 |
| 4 | 完全混合法 | 0.2～0.4 |
| 5 | 延时曝气法 | 0.03～0.05 |
| 6 | 氧化沟 | 0.03～0.05 |
| 7 | 高速曝气法 | 1.5～3.0 |



5. 食微比和其他控制指标的关系及联合分析方法

（1）食微比与活性污泥浓度的关系。通过食微比的计算公式就可以知道，这两个控制指标的关系非常密切。作为活性污泥系统故障必须分析的项目之一，其分析目的也就是为了能够系统地了解进水有机物浓度对应目前的活性污泥浓度是否合适，由此可以指导调整活性污泥的浓度值，并最终能够达到活性污泥浓度与进水有机物浓度间的恰当比例。

正如食微比实践操作理解中涉及到的那样，活性污泥浓度控制值必须和进水浓度相适应，在实践操作中更重要的加大排泥控制方面的经验积累。过大的排泥速率会使活性污泥浓度过快下降，等到活性污泥浓度定常分析结果出来的时候，再去改变操作，恐难以迅速恢复了。同样过小的排泥速率，会导致排泥效果不明显，如果排泥量低于活性污泥的增长量，我们还会发现污泥浓度随着排泥的进行反而还会上升。如何控制合理的排泥，将食微比控制在合理范围，这就需要我们积累排泥的经验数据，特别是不同活性污泥浓度情况下，对应排泥量的曲线还是有必要制作的。

（2）食微比与溶解氧的关系。就食微比与溶解氧的关系，其与食微比与活性污泥浓度的关系相类似。即在较低食微比情况下，同样降解一定量的有机物，所消耗的溶解氧反而更高。这为我们在实践操作中的节能工作提供了基础性的指导，表 3－7 所列即为不同食微比情况下的溶解氧消耗情况。

表 3－7　　不同食微比情况下的溶解氧消耗

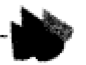
| 食微比值 / [kgBOD/(kgMLVSS·d)] | 需氧量 / ($kgO_2/kgBOD_5$) | 最大需氧量与平均需氧量之比 | 最小需氧量与平均需氧量之比 |
|---|---|---|---|
| 0.10 | 1.60 | 1.5 | 0.5 |
| 0.15 | 1.38 | 1.6 | 0.5 |
| 0.20 | 1.22 | 1.7 | 0.5 |
| 0.25 | 1.11 | 1.8 | 0.5 |
| 0.30 | 1.00 | 1.9 | 0.5 |
| 0.40 | 0.88 | 2.0 | 0.5 |
| 0.50 | 0.79 | 2.1 | 0.5 |
| 0.60 | 0.74 | 2.2 | 0.5 |
| 0.80 | 0.68 | 2.4 | 0.5 |
| ≥1.00 | 0.65 | 2.5 | 0.5 |

上表中，我们确实可以清楚的发现，随着食微比的增加，需氧量反而是减少的，其原因在于一定量的有机物被微生物所降解，消耗的溶解氧是一定的。当食微比过低时，相应的活性污泥浓度处在一个过剩的范围内，这部分过剩的活性污泥越多，消耗额外的溶解氧就越多了，所以，食微比越低，需氧量相对就越高了。这就可以指导我们在水处理过程中通过控制食微比值来达到节能的目的，即在保证处理效果的前提下，尽量提高食微比，以避免不必要的曝气消耗。

(3) 食微比与活性污泥沉降比的关系。活性污泥控制在不同的食微比阶段，其表现的沉降比特征是不一样的，这样通过沉降比表现也可侧面了解活性污泥的食微比概况，避免出现单靠计算数据带来的误判。因为计算数据往往受到活性污泥有效成分含量不明、采样误差大等现象的困扰，最终数据有时失真较大。而沉降比的观察则相对客观和有效。表 3－8 列举有关食微比与活性污泥沉降比的对应关系。

表 3－8　　食微比与活性污泥沉降比的对应关系

| 食微比表现 | 对应沉降比表现 |
|---|---|
| 食微比过低 | 1. 沉降过程可出现活性污泥过多<br>2. 活性污泥色泽较深<br>3. 沉降过程较迅速<br>4. 上清液带有细小颗粒<br>5. 沉降的活性污泥压缩性好 |
| 食微比过高 | 1. 活性污泥稀少<br>2. 活性污泥色泽鲜淡<br>3. 絮凝沉降速度相对缓慢<br>4. 上清液混浊<br>5. 沉降活性污泥阶段压缩性差 |



## 五、溶解氧（DO）

### 1. 书面定义及实践操作的理解

溶解氧的概念可以理解为水体中游离氧的含量，用DO表示，单位为mg/L。溶解氧在实际的污水、废水处理操作中具有举足轻重的作用，这一指标的恶化或波动过大，往往也会迅速的导致活性污泥系统的稳定性大幅波动，自然对处理效率的影响也非常明显。

应该说，理论上来讲，当曝气池各点监测到的溶解氧值略大于0（如0.01mg/L）时，可以理解为充氧正好满足活性污泥中微生物对溶解氧的要求。但是，事实上我们还是没有简单的将溶解氧控制在大于0（如0.01mg/L）的水平，而是运用教科书中通常的做法，即曝气池出水溶解氧控制在1~3mg/L的范围内。究其原因还是因为，就整个曝气池而言，溶解氧的分布和各曝气池区域内的溶解氧需求是不一样的。为了保守的稳定活性污泥在分解有机物或自身代谢过程中对用解氧的需求，才将曝气池出水溶解氧控制在1~3mg/L的范围内。但是，实际运行中发现，很多情况下将溶解氧控制在1~3mg/L的范围内也是没有必要的，特别是溶解氧控制值超过3mg/L更是毫无意义，唯一的结果只能是浪费电能及导致出水含有细小悬浮颗粒。所以，合理又节能的溶解氧控制范围在1.0mg/L左右即可。

### 2. 溶解氧的监测



溶解氧的监测就监测场所分为两种，即实验室监测和现场监测。由于实验室监测受样品沿途的影响，监测数据就不够准确并监测方法复杂不易控制。所以，溶解氧的监测常常是运用在线检测仪器或便携式溶解氧检测仪进行的。

在检测中需要注意检测点在曝气池范围内的位置概念，避免监测到不具代表性的数据。正确的检测方法应该是将整个曝气池划分成若干区域，就整个区域范围的溶解氧监测值进行统计分析，用以摸清本系统的不同阶段和时间点的溶解氧分布，这样对后续系统的整体把握非常有益，也能有助于我们对一些系统的活性污泥故障分析提供参考。在不具备这样的检测条件的情况下，也可以通过监测曝气池出口端的溶解氧作为活性污泥系统对有机物降解进程的最终结果判断。

就季节性方面充氧效果对溶解氧的影响，通常可以看到这样的现象，即在相同条件下（这里的相同条件主要是指相同的进水浓度、水质成分、活性污泥浓度等活性污泥工艺控制条件），冬季充氧效果要明显优于夏季。主要原因是冬季水温较低，溶解氧的饱和度高，相反，在夏季溶解氧的饱和度低。所以能够在冬季看到全程曝气的情况，曝气池的溶解氧能到7.0mg/L左右，而在夏季相同情况下最多到5.0mg/L左右。正确认识这一现象有助于我们在整个活性污泥工艺控制中起到整体判断和系统故障综合分析的作用。



3. 溶解氧在曝气池的正常分布状态示意（图 3－2）

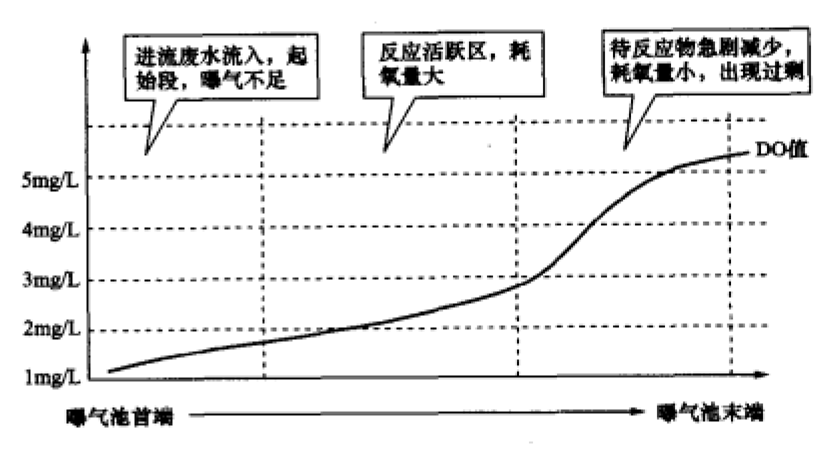



图 3－2 溶解氧在曝气池中的正常分布

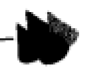
从图 3－2 可以发现，曝气池首端溶解氧通常很低，主要原因还是因为废水在曝气首端的高速流入，导致曝气设备无法在瞬间就将足够的溶解氧充入水体。即曝气设备在曝气池首端对水体的曝气是非连续性的，而是瞬间性的，这种现象只表现在曝气池的首端，在曝气池方向向后延伸的过程中水体被重复曝气的次数是迅速增加，这也是曝气池后端出水溶解氧偏高的原因。

认识到这一点的话，就不会在曝气池前端测得的溶解氧时感到困惑了，相反它是正常现象。另外一个层面上，曝气池首端随着活性污泥的回流进入，此区域活性污泥更多的是发挥快速吸附作用来迅速去除水体有机物及其他污染物，所以对溶解氧的迫切要求就显得不太明显了。

而在曝气池中部溶解氧的检测值也不是太高，对于这种现象，在分析的时候重点是要知道这里的曝气池溶解氧不能升高不是曝气不足，也不是像曝气池首端一样水体曝气频率过低，而是由于曝气池中段是活性污泥通过代谢分解有机物的重点部位，对应的游离氧消耗最大，所以会出现曝气池混合液在曝气池中段溶解氧偏低的现象。

再来看看曝气池末端，在这个位置检测到的溶解氧往往是在整个曝气池是最高的，在认识这个问题的时候还是要根据活性污泥在曝气池不同位置的特性来观察。通过整个曝气池池长的活性污泥对进水有机物的吸附分解，到达曝气池末端的时候有机物分解已进入尾声阶段。末端曝气池混合液除了活性污泥自身代谢需消耗的一定量游离的溶解氧外，分解有机物所需的游离态溶解氧受曝气池末端剩余可分解有机物所剩无几的影响，自然对这部分的游离态溶解氧需求甚少。所以会发现曝气池末端溶解氧在整个曝气池范围内的值是最高的。

以上对曝气池各位置的溶解氧分布说明作了简单的介绍，目的也是为了让读者能够了解到曝气池溶解氧分布不匀的原因所在，以便对系统出现的现象有个正确的判断，为综合判断系统故障提供参考。



4. 溶解氧和其他控制指标的关系及联合分析方法

（1）溶解氧和原水成分的关系。溶解氧和原水成分的关系，在理解上重点是原水成分中有机物含量和溶解氧的关系，具体表现在原水中有机物含量越多，微生物为代谢分解这些有机物所需消耗的溶解氧就越多，相反就越少了。所以在控制曝气的时候，要注意进流水量和进流污水、废水有机物的含量，前者也往往被忽视掉，因为当进水量是平时的1.5倍时，曝气量如果不调整的话，往往会出现曝气池出流废水溶解氧的过度低下，有时甚至会低于0.5mg/L，这样对活性污泥发挥高效率处理效果是不利的，而这一点往往被操作人员忽视。在进流水量明显增大的情况下，操作人员往往只看到结果，而忽略了为什么会发生溶解氧低下，甚至于增加曝气量也不见溶解氧升高的现象。所以，因为不知道是什么原因，自然不知道采取何种措施为好了；同样如果进流污水、废水流量没有增加，但是污水、废水中有机物浓度过高时，同样也会出现对溶解氧需求增大，继而出现曝气池出流水溶解氧过低的现象。这个现象的发现并确认，尚需要通过实验室检测才能有效判断，这对操作人员的要求和技能提出了更高的要求。

另外，原水中一些特殊成分的存在，同样也会影响充氧效果，比如水中的洗涤剂的存在，使得曝气池液面存在隔绝大气的隔离层，由此，对曝气效果的提升也就存在影响了。



（2）溶解氧和活性污泥浓度的关系。溶解氧和活性污泥浓度的关系还是比较密切的，通常看到的是高活性污泥浓度对溶解氧的需求明显高于低活性污泥浓度对溶解氧的需求。所以，在达到去除污染物、并达到排放浓度的情况下，要尽量降低活性污泥的浓度，这对降低曝气量、减少电力消耗是非常有利的。同时，在低活性污泥浓度情况下，更要注意不要过度曝气，以免出现溶解氧过高，对仅有的活性污泥出现过度氧化现象，这样对二沉池的放流出水不利。通常可以看到二沉池出流水中夹杂较多的未沉降颗粒流出，这就是被氧化的活性污泥解体后分解在放流出水中的缘故。同样高活性污泥浓度对溶解氧的需求是很高的，不能不加控制的将活性污泥浓度一直升高，这样会出现供氧跟不上而出现缺氧现象，自然，活性污泥的处理效果也就受到抑制了。

（3）溶解氧和活性污泥沉降比的关系。溶解氧和活性污泥沉降比的关系，可以理解为溶解氧对活性污泥沉降性的影响，在以下几个方面需要注意。首先是过度曝气容易使细小的空气气泡附着在活性污泥的菌胶团上，导致活性污泥上浮到液面，在曝气池就可以看到有液面浮渣了。在做沉降实验的时候，就更有可能发现活性污泥絮凝后不能沉降或悬浮在水体中的现象。同时，活性污泥的压缩性也变差了。在实际操作中应该注意这个问题，特别是活性污泥发生丝状菌膨胀的时候，更加容易导致曝气的细小气泡附着在菌胶团上，继而导致液面产生大量浮渣。



### 六、活性污泥浓度（MLSS）

1. 书面定义及实践操作的理解

活性污泥浓度是指曝气池（生化池）出口端混合液悬浮固体的含量，用符号 MLSS 表示，其单位是 mg/L，它是计量曝气池中活性污泥数量多少的指标，包括：① 活性的微生物；② 吸附在活性污泥上不能为生物降解的有机物；③ 微生物自身氧化的残留物；④ 无机物。这四者包括了 MLSS 的总量，就测定方便性而言，实际操作中常以它作为相对计量活性污泥微生物量的指标。

操作过程中，特别要注意的是 MLSS 仅指曝气池中混合液的浓度，而不考虑二沉池内混合液的浓度。同时，在监测曝气池混合液浓度的时候需要注意是以曝气池出口端混合液浓度为标准来衡量整个曝气池内活性污泥浓度的。

活性污泥浓度控制的重要性，在前面的内容中已经略有涉及了，实践操作中这个指标运用非常广泛，其指标改变被运用于系统调整上也相当广泛。

2. 实验室检测

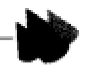
为了日常了解曝气池混合液的浓度，及时侧面了解 MLSS 及其他控制参数，有必要至少每天检测一次 MLSS 值。这对日常操作而言，其过程控制的意义重大，不能看到了出水不合格的结果才去改变操作控制参数，在前段各系统部位的过程阶段就应该重点管理了，MLSS 值的日常检测就是为过程控制提供数据支持。

在检测 MLSS 值方面，实验室检测也是比较快速和简单的一个检测项目。和检测 SS 值一样，采用重量法即可，只是在抽滤过程中要注意抽滤力度不要过大，倒入的活性污泥混合液不要太多，以免有活性污泥穿过滤纸而没有被滤纸过滤下来。另外烘干的时候，如果滤纸过滤的活性污泥较多，烘干时间也要灵活掌握。只有准确的实验数据才能给现场工艺调整和故障纠正提供最大的数据支持。

3. 活性污泥法几个典型工艺的活性污泥浓度概况

（1）氧化沟工艺：活性污泥浓度控制不宜过高，因为氧化沟工艺中活性污泥处于低负荷运行状态，如果活性污泥浓度控制过高的话，在较长的氧化沟内很容易出现污泥老化现象，这样对后续的处理出水的影响比较明显。所以，在较低的活性污泥浓度情况下，仍然能够看到氧化沟的出水常带有细小的未沉降活性污泥颗粒流出。如果在氧化沟控制高活性污泥浓度的话就更容易出现这样的现象了。

（2）传统活性物污泥法：传统活性污泥法对活性污泥浓度的控制要求更高，因为传统活性污泥法不具备氧化沟那样的抗冲击负荷能力，可调节操作性差，对活性污泥浓度变化而附带出的不良处理效果表现的更加明显。为此，在日常操作中应该严格按照食微比要求来调节活性污泥浓度，避免活性污泥浓度波动与进水浓度不配比或出现相反趋势。



（3）SBR法：SBR法处理工艺中，活性污泥浓度变化对系统影响是较小的，可以人为的延长或者缩短活性污泥与污染物的反应时间，以此来抵消活性污泥浓度过高或过低的不利影响。因此，从这一点上也可以将SBR工艺理解为较能适应冲击负荷和较能及时调整工况应对系统故障的活性污泥法工艺。

4. 活性污泥浓度和其他控制指标的关系及联合分析方法

（1）活性污泥浓度和污泥龄的关系。污泥龄的概念前面已有表述，从定义中可以了解到，污泥龄是通过排除活性污泥来达到污泥龄指标的可操作手段的。这样污泥龄和活性污泥浓度两者的关系就表现出来了，通过合理的污泥龄及食微比的控制即可给出控制活性污泥浓度的合理范围了。事实上，一味提高活性污泥浓度，在进水有机物浓度不高的情况下，会发现污泥龄就特别长了，这样超出正常控制污泥龄值的情况，就可以明显地提示我们活性污泥浓度控制过高了，这样的判断要比用活性污泥浓度的绝对值来判断是否对活性污泥浓度的控制合理性要准确的多。也体现出我们一直提倡运用综合分析的方法去判断活性污泥系统运行工况和故障诊断的意义所在。

（2）活性污泥浓度与温度（水温）的关系。活性污泥浓度和温度的关系，实际上是活性污泥和水温的关系。活性污泥在生化池内的生长、繁殖、代谢，和水温的关系是密切的。在日常运行报表中将活性污泥对有机物的去除率分别在夏季和冬季的两组数据进行对比，可以明显的发现活性污泥对有机物的去除率在夏季明显优于冬季，提高10%是非常容易的；在排放水方面也可以看到，夏季的排放水清澈度肯定是优于冬季的。这些都说明活性污泥和水温关系密切。



通过观察发现，水温每降低10℃，活性污泥的活性将降低一倍；当水温低于10℃时，可以明显发现处理效果不佳。以排放水COD为例，将会较正常水温（20℃）上升50%。以活性污泥每4h繁殖一代的情况来看，活性污泥在水温正常时，代谢旺盛，处理效率极高。我们在日常操作中就应该明确这一点，通过活性污泥浓度的调整来应对水温的变化。当水温偏低时，可以提高活性污泥浓度，以抵消活性污泥活性降低的负面影响，从而达到活性污泥在水温偏低时去除效率增高的目的；相反地，当水温较高时，活性污泥活性旺盛，控制过高的活性污泥不利于活性污泥的沉降，更多的是看到细小的未沉降絮体和混浊的上清液，这样的情况就可以指导我们通过降低活性污泥浓度来规避出现未沉降絮体和混浊的上清液的不良状况，另外，也可以降低对溶解氧的需求而达到节能的目的。

（3）活性污泥浓度和活性污泥沉降比的关系。沉降比的最终沉降值是多少，有很多影响因素，其中就有活性污泥浓度的影响。活性污泥控制浓度越高，活性污泥沉降比的最终结果就越大，反之则越小。在分析活性污泥浓度对沉降比的影响时，理解的出发点就是活性污泥浓度较高时，生物数量多，在压缩沉淀后自然就会出现较高的沉降比了。在高活性污泥浓度导致沉降比升高的情况中，



与其他也能导致沉降比升高的因素相区别的要点是观察沉降压缩后的活性污泥是否密实，色泽是否呈深棕褐色。通常非活性污泥浓度升高导致的沉降比升高多半压实性差，色泽暗淡。

当然，活性污泥浓度过低对沉降比影响也很明显，但是往往不是由于操作人员刻意降低活性污泥浓度导致沉降比过低的，而是进水有机物浓度过低导致的。这样的情况，操作人员总觉得活性污泥浓度控制过低，就努力的去拉高活性污泥浓度，结果就是出现活性污泥老化，最后的沉降比观察会发现活性污泥压缩性高、色泽深暗、上清液清澈但夹有细小絮体等典型活性污泥老化的现象。如果是异常排泥出现的沉降比过低，通过观察也可以发现此时沉降的活性污泥色泽淡、压缩性差，沉降的活性污泥稀少。

5. 和 MLSS 相对应的另一个指标 MLVSS 的概要说明

（1）MLVSS（活性污泥混合液挥发性悬浮固体）定义。混合液挥发性悬浮固体是指活性污泥混合液悬浮固体中有机物的重量，它包括：① 活性的微生物；② 吸附在活性污泥上不能为生物降解的有机物；③ 微生物自身氧化的残留物。和 MLSS 相比它不包括无机物。所以这一指标能够较确切的代表活性污泥微生物的数量，为排除活性污泥中无机物等惰性物质的干扰提供了数值上的参考。

（2）检测原理说明。利用高温灼烧将活性污泥中的有机物燃烧殆尽，剩余的部分就是不能被燃烧掉的无机物了，这样就能够计算出活性污泥混合液中可利用的活性污泥有效成分了。

（3）实际运用情况。通过 MLVSS 的检测原理可以知道，检测 MLVSS 远比 MLSS 要复杂的多，而且检测方法及准确性对实验人员的要求甚高，稍有操作不正确，对结果影响较大。在实际操作中，通常使用 MLSS 较为常见，因为 MLVSS 只是扣除了 MLSS 中的无机成分的剩余部分而已，所以就 MLVSS 我们认为：作为稳定的污水、废水处理厂而言，通过定期的（每月一次）MLVSS 值检测得到的检测值与日常检测到的 MLSS 值进行一个对比，求得月度的稳定对比值，即可为日常操作提供参考了，这样就可以避免每天检测 MLVSS 带来的诸多麻烦了。

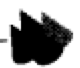
通常就稳定的市政污水处理厂而言，MLVSS/MLSS 为 0.75 左右。就工业废水而言，生化系统的这个值波动较大，实际工作中，操作人员可以通过多次实验对比得出适合本厂的真实 MLVSS/MLSS 值。

七、沉降比（$SV_{30}$%）

1. 书面定义及实践操作的理解

活性污泥沉降比是指：取曝气池末端混合液 1000mL 于 1000mL 的量筒中，静止 30min 后，沉淀的活性污泥体积占整个混合液的体积比例即为活性污泥的沉降比，单位用百分数%表示。

活性污泥沉降比应该说在所有操作控制指标中是最具备操作参考意义的。



首先是检测简单，其次是整个沉降过程近似地表达了曝气池和二沉池的工作状况及活性污泥的沉降性，对观察活性污泥的工况提供了直观的帮助。通过观察活性污泥的沉降比，可以侧面推定多项活性污泥控制指标的近似值，这将减少大量的实验数据支持及计算推导，对综合判断运行故障和运转发展方向具有积极的指导意义。

2. 沉降比检测注意点

前面提到过沉降比检测是一项简单、快速的检测项目，但是在实际检测过程中还是要非常注意一些检测方面的注意点，具体如表 3 – 9 所示。

**表 3 – 9　　沉降比检测注意点**

| 沉降注意点 | 注意理由 | 改善对策 |
|---|---|---|
| 以曝气池末端混合液作为检测对象 | 曝气池末端混合液是直接代表进入二沉池待沉降活性污泥的沉降部分，更具沉降代表性 | 准确的在曝气池末端采样 |
| 沉降过程的全程观测 | 整个 30min 的沉降代表了活性污泥在二沉池的沉降过程，对沉降性能的正确把握有利 | 避免只看沉降结果的观测方法 |
| 沉降过程的静置场所要避日光或震动 | 日光直射下，混合液温度升高，溶解在混合液中的气体膨胀析出易导致气泡夹带活性污泥上浮；震动则不利于沉降结果的准确性 | 放置于阴凉无震动的地方进行仔细观测 |
| 重点观察前 5min 的沉降效果 | 活性污泥沉降试验的前 5min 往往可以完成沉降过程的 80%，此阶段的沉降效果好坏往往可以指导对活性污泥性能的判断 | 认真观察前 5min 的沉降值和絮凝性能 |
| 沉降试验用量筒要保证 1000mL 的 | 1000mL 的量筒更能体现活性污泥在系统中真实的沉降过程，并且可以避免过小的量筒中常发生的活性污泥挂壁现象 | 准确选用 1000mL 的量筒，不要用烧杯或小号的量筒 |

3. 活性污泥沉降试验过程观察要点

活性污泥沉降试验过程中，从采样开始到最终的沉降试验结论提出，就这样一个过程注意点是很多的。通过全面掌握活性污泥沉降过程中的各部细节，就能准确得出最有效的活性污泥性能检测指标 $SV_{30}$。

采样过程中，除了位置的注意点，还要在混合液倒入 1000mL 量筒中前进行必要的搅拌，以避免倒入量筒中的混合液出现因之前发生的沉淀现象而产生检测结果较实际值偏小的现象。但是，搅拌的力度要均匀，点到为止，不要过分剧烈搅拌，避免将部分结合紧密的活性污泥絮体打碎，否则沉降过程中会有多量解体的活性污泥悬浮在上清液（这里上清液是指活性污泥沉降试验中沉降之后，活性污泥泥水分层后的上层清液，简称上清液）中，这样对沉降结果的真



实性就产生影响了。

4. 活性污泥沉降过程

（1）自由沉淀阶段。沉降实验开始时，首先是活性污泥发生迅速的絮凝，并出现快速沉降的现象，称之为自由沉淀阶段，其沉降速度完全由活性污泥的特性决定。通常如下操作指标对自由沉淀阶段有影响。

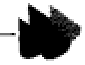
表 3－10　　影响自由沉淀效果的因素及处理对策

| 影响因素 | 原因 | 对策 |
| --- | --- | --- |
| 活性污泥浓度过低 | 过低的活性污泥浓度，在活性污泥絮凝沉淀的时候由于活性污泥絮团间间距相对较大，碰撞机会减少，导致初期絮凝不充分，延长了自由沉淀阶段的沉淀效果 | 确认活性污泥浓度与食微比及污泥龄的关系，并加以调节适应 |
| 活性污泥丝状菌膨胀 | 丝状菌膨胀后，活性污泥絮团间的吸附能力不足以抵消丝状菌产生的支撑膨胀力，导致在自由沉淀阶段出现弥漫的沉淀效果，其沉淀速度极其缓慢 | 抑制丝状菌膨胀，具体方法将在活性污泥故障处理的章节叙述 |
| 曝气过度 | 曝气过度往往导致细小的气泡夹杂在活性污泥的絮团中，自由沉淀初期絮团夹带气泡后无法快速沉淀，只有等到絮团再次增大的时候才会达到沉淀的效果 | 降低曝气量，并减少导致活性污泥黏度增加的因素（如污泥老化） |
| 活性污泥浓度过高 | 自由沉淀初期由于活性污泥浓度过高，在自由沉淀还没有结束的时候就发生集团沉淀了，由此导致只有沉淀区间效果不明显 | 用食微比及污泥龄确定目前的活性污泥浓度是否合适 |



（2）集团沉淀阶段。当活性污泥沉降开始后，首先出现的自由沉淀一旦结束，就可以看到集团沉淀了。集团沉淀发生的原理是在自由沉淀发生后，活性污泥不断的絮凝沉淀下沉，这样越往下部沉淀，其密度越高，如此相互拥挤的活性污泥就会成集团式，发生同步的集团沉淀现象。集团沉淀现象和许多活性污泥控制指标有关。如活性污泥浓度过高时，集团沉淀会提早出现，但由于过多的活性污泥发生挤压，所以集团沉淀也就进展缓慢了。另外，活性污泥中如果夹杂过多的惰性杂质将加快集团沉淀的进程，表现出沉降性能优良的假象。当活性污泥老化严重时在集团沉淀阶段也会出现沉降速度明显增快的现象，这就告诉我们，不是所有的沉降速度快速对活性污泥系统来讲都是有益的。

（3）压缩沉淀阶段。随着集团沉淀的结束，随之而来的就是压缩沉淀了，压缩沉淀是活性污泥间絮体进一步吸附压缩的结果，这一过程是最长的。从时间上来讲，自由沉淀耗时最短，集团沉淀其次，最长的就是压缩沉淀。影响压缩沉淀的有多个活性污泥控制指标，有惰性物质的加速压缩沉淀的影响，也有反硝化导致最终的压缩沉淀失败等等。



5. 活性污泥沉降过程的观察要点

（1）自由沉淀阶段。

1）自由沉淀阶段活性污泥沉降速度，初期絮凝是否迅速。好的自由沉淀在极短的时间内（30s）即可完成。需要消耗过多的时间来完成自由沉降阶段过程，往往是活性污泥系统故障或即将产生故障的信号。如活性污泥丝状菌膨胀、污泥负荷过高、污泥发生中毒等皆可表现为自由沉淀阶段耗时的延长。

2）自由沉淀阶段活性污泥絮体内夹杂气泡的问题。自由沉淀阶段絮凝的活性污泥，如果絮体内夹有细小的气泡，则重点是与活性污泥黏度增高、曝气过度等因素有关。活性污泥黏度升高，导致细小气泡更易被截留在活性污泥絮体内，这比较容易理解，但是活性污泥在什么情况下容易出现黏度增高的问题也是需要认真考虑的。就目前的情况来看，活性污泥浓度过高、活性污泥老化、进流有机物浓度过高等是容易导致活性污泥阶段性黏度增高的原因。

（2）集团沉淀阶段。

1）集团沉淀阶段活性污泥色泽的表现。进入集团沉淀阶段的活性污泥其色泽将逐渐加深，主要原因是活性污泥不断相互吸附，汇集成越来越大的絮体，自然颜色随浓度而加深。如果集团沉淀过程中活性污泥的色泽没有明显加深，通常要分析活性污泥浓度控制是否太低，活性污泥对应的污泥负荷是否过大，进入生化系统的无机颗粒物质是否过多等。



2）集团沉淀阶段活性污泥絮团呈悬浮状态的认识。在集团沉淀阶段有时候可以发现活性污泥快速絮凝后悬浮于量筒中部而不下沉，导致上部和下部皆是清液，而中部却是活性污泥的奇观。这样的现象多与活性污泥内充入多量气泡，并发生活性污泥中度丝状菌膨胀有关。此种因为气泡大量包裹于活性污泥内产生的活性污泥上浮和由于活性污泥碳氮比失衡导致的反硝化活性污泥上浮在机理上是有区别的。反硝化过程中，由于产生了氮气，最终导致气泡夹带活性污泥上浮，此种上浮的机理决定了发生上浮的现象是呈雪花样向上漂浮，而不是悬浮于量筒中部。

（3）压缩沉淀阶段。

1）压缩沉淀阶段活性污泥性状观察及判断。压缩沉淀阶段重点需要观察的是沉降的活性污泥具备的压密性如何，是细密的压缩呢，还是粗密的压缩？这种现象的判断，对掌握活性污泥处在何种状态或判断故障非常有价值。通常而言，在压缩沉降阶段，细密的活性污泥通常代表的是活性污泥沉降性不佳。因为要取得良好的沉降性，活性污泥絮团的大小和絮凝的彻底性关联较大，活性污泥浓度过低、活性污泥负荷过大等是常见的影响因素。如果观察到粗密的活性污泥沉淀，再配合色泽、沉降压缩时间等，可以确定活性污泥是否处在稳定



的阶段。良好的压缩阶段活性污泥表现出来的是色泽呈深棕褐色，带有鲜活的感觉，压缩的活性污泥如毛毡样卷曲而显粗密感。

2）压缩沉淀阶段活性污泥观察对污泥老化定性的判断依据。通过压缩阶段的活性污泥色泽及性状来判断活性污泥是否出现老化是非常有效和准确的，通过数据分析得出的活性污泥老化判断往往具有预知性，而由出水阶段看到的性状来反推活性污泥是否出现老化的问题，往往不具备主动性，也就是说发生了老化的不良后果再去作出对策，是滞后的操作方法。通过活性污泥沉降试验中压缩阶段的活性污泥性状表现可以更早得判断出活性污泥老化的存在，对我们及早作出工艺控制参数的调整有重要意义。

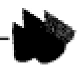
压缩沉淀阶段完成后，对于活性污泥的色泽，需要重点观察的是活性污泥是否呈现淡白色，尤其是絮团边缘部分的色泽是否偏淡、絮团中心色泽是否偏暗淡、整体色泽是否过深、絮团是否过于粗大。压缩阶段过于明显、最终沉淀物压缩性过高、上层清液夹杂细小解絮絮体等是判断活性污泥老化或将要老化的重要依据。

6. 活性污泥沉降比和其他控制指标的关系及联合分析方法

（1）沉降比和污泥容积指数的关系。污泥容积指数在判断活性污泥是否发生膨胀方面具有重要作用，也是确认活性污泥是否老化的一个参考指标。运用这一指标的时候往往发生误判断的现象，原因在于活性污泥浓度很高时会直接影响污泥容积指数，出现污泥容积指数偏大的假象。为了排除这一干扰，可以运用检测简便的活性污泥沉降比来判断活性污泥的膨胀及沉降性能。沉降过程中重点观察污泥的最终压缩沉淀是否松散，污泥颜色是否呈淡白色，由此来辅助判断最终的污泥容积指数计算值是否正确，为从数值面说明活性污泥的膨胀程度提供帮助。

（2）沉降比和进流污水、废水的 pH 值关系。进流污水、废水的 pH 值对活性污泥的沉降性能影响还是很大的。当 pH 值超过正常（6~9）的时候，我们能够在沉降过程中清楚地发现解絮的活性污泥，且最终的活性污泥压缩性较正常时大。过大的 pH 值波动还会导致液面浮渣的产生及出水混浊。为了判断活性污泥是否受到进流污水、废水的 pH 值影响时，除了实验室检测进流水 pH 值外，可以通过显微镜观察和活性污泥沉降比试验来确认活性污泥受 pH 值的影响程度。总体上来说，受影响程度通过显微镜观察最易确定。但是，如果你的经验足够丰富，通过活性污泥沉降比观察，同样能够确认受影响程度，重点是活性污泥解絮的程度，通过分散在上清液中的细小絮体数量及颗粒间间隙水混浊的程度可以准确判断出活性污泥的受影响程度。

（3）沉降比和污泥龄的关系。污泥龄作为维持活性污泥活性和新鲜度的重要指标，与活性污泥沉降比的关系也很密切。污泥龄的确定主要是通过计算获得。由于计算涉及多个参数，其准确性往往容易受到这些指标参数误差的干扰，



但是可以通过活性污泥沉降比的观察来减小误差，继而为污泥龄最终计算值的确认提供极有力的参考。重点是通过观察活性污泥沉降过程中表现的絮凝、沉速快、上清液存在解絮颗粒、间隙水清澈等情况来判断活性污泥的污泥龄是否过长。

**八、活性污泥容积指数（SVI）**

**1. 书面定义及实践操作的理解**

活性污泥容积指数是指在曝气池末端取悬浮固体混合液倒入1000mL量筒中，静止30min，1g活性污泥干污泥所占的容积。

$$SVI = SV_{30}/MLSS$$

传统活性污泥法其值在70～150为正常值。

仔细理解一下活性污泥容积指数就可以发现，SVI是通过活性污泥沉降比和活性污泥浓度这两个的比值得到的，其中活性污泥沉降比的大小将直接影响SVI的最终值。因为活性污泥浓度的人为可控性好，而活性污泥沉降性人为可控性差，所以，在纠正SVI值的时候重点是调整活性污泥的浓度。

和活性污泥浓度可控性相反，SVI值只是活性污泥松散性的表现指标，不具备对活性污泥直接调控的操作性。

**2. 对活性污泥容积指数SVI合理控制值说明**



理论的SVI值在70～150之间为合理控制值，根据活性污泥沉降比和活性污泥浓度这两个指标的关系，可以发现活性污泥容积指数能充分正确表示活性污泥的松散程度。如果单看活性污泥沉降比，往往会忽略活性污泥浓度很高时对$SV_{30}$值的正面影响，而SVI却可以排除活性污泥浓度对沉降比的影响，清楚地判断活性污泥的松散程度。

活性污泥容积指数超过200时，可以判定活性污泥结构松散，有发生丝状菌膨胀或沉降性转差的迹象。当活性污泥容积指数低于50时可以判定活性污泥出现污泥老化的可能性比较大。

在计算活性污泥容积指数时有一点需要特别注意，就是当物化处理段处理不够到位的时候，如果有多量无机颗粒流入生化处理系统，检测到的活性污泥浓度是会相对偏高的，因为无机颗粒比重大，在检测MLSS的时候会留在滤纸上面而被记入MLSS值中。同样，无机颗粒的存在在加快活性污泥沉降速度的同时，还大大加强了活性污泥的压缩性。由此我们会发现，当活性污泥中混入大量有机颗粒的时候，计算SVI用的活性污泥沉降比值变低了，而活性污泥浓度因为无机颗粒的存在其数值就相对变大了。根据SVI的公式，活性污泥的沉降比作为分子变小了，而分母活性污泥浓度却变大了，所以SVI值就会明显变小。此时，虽然SVI值低于50，但是我们不能将它判定为活性污泥老化，这在实践操作中需要特别注意。



3. 污泥容积指数调整方法

表 3－11　　污泥容积指数调整方法

| SVI 值 | 产生原因 | 对策 |
| --- | --- | --- |
| SVI 值＞150 | 活性污泥负荷过大，导致活性污泥相对沉降性降低 | 发挥调节池作用均化水质，提高活性污泥浓度 |
| | 活性污泥发生丝状菌膨胀 | 依据丝状菌膨胀对策处理 |
| SVI 值＜50 | 活性污泥发生老化，导致活性污泥沉降比异常降低 | 废弃部分活性污泥，根据污泥负荷要求调整活性污泥浓度 |
| | 活性污泥内过量无机颗粒，导致活性污泥沉降的异常压缩 | 强化物化段处理效果，依据污泥龄要求积极排泥 |

4. 活性污泥容积指数和其他控制指标的关系及联合分析方法

（1）活性污泥容积指数与回流比的关系。我们已经了解到，活性污泥容积指数是活性污泥松散性的表现指标，那么这一指标值偏高的话直接导致的结果就是活性污泥回流比中的回流活性污泥效率降低，从而过度消耗电能。同时，在冲击负荷发生的情况下，会出现活性污泥流出沉淀池的现象。在预知这样的情况下，应该根据实际情况适当加大回流比——即提高回流流量，以保证足够的活性污泥回流到曝气池首端。



（2）活性污泥容积指数与溶解氧的关系。活性污泥容积指数与溶解氧的关系主要是要考虑过量的曝气对活性污泥沉降性的影响。首先，过量的曝气不利于活性污泥的沉降；同时，当活性污泥出现黏度增高时，容易出现细小气泡被活性污泥包裹吸附而导致活性污泥沉降和压缩性变差，由此我们会发现过量曝气会导致活性污泥容积指数的相对增高。通过活性污泥沉降比检测我们还是能够比较容易地识别曝气过度对 SVI 值的干扰。

溶解氧过低对活性污泥容积指数的影响主要体现在溶解氧过低时，活性污泥因为缺氧或厌氧状态的存在而表现出压缩性增强，继而 SVI 值表现出相对偏小，这个我们在实践中也要进行必要的识别和干扰排除。

**九、污泥龄（t）**

1. 书面定义及实践操作的理解

污泥龄是指曝气池中工作的活性污泥总量与每日排放的剩余污泥的比值，在稳定运行时，剩余污泥量就是新增长的活性污泥量。因此，污泥龄也是新增长的活性污泥在曝气池中的平均停留时间，或者理解为活性污泥总量增长一倍所需要的时间。

因为污泥龄是一个比值，所以，需要考虑的活性污泥总量和排泥量的关系。活性污泥浓度决定了活性污泥总量的可变性，而活性污泥的废弃量又决定了污泥龄长短的可控性。



日常实践操作中，操作人员很少注意活性污泥的污泥龄控制，觉得控制大小无所谓，而且计算也比较复杂，按照理论控制值对应的污泥龄调整常收不到满意的效果。因此，在运用污泥龄进行分析的时候一定要结合其他多个分析参数进行综合分析。

2. 用于调整污泥龄的方法

调整污泥龄的方法中，能够被操作人员运用的只有活性污泥的废弃，也就是排除废弃的活性污泥。排泥的设施常可见如下：

（1）通过设置在二沉池回流污泥管上的排泥支管排泥，排泥支管上需设置阀门和流量计。阀门用于调节排泥量，而流量计用于准确控制排泥量。

（2）直接用排泥泵排泥，同样也需要设置阀门和流量计。

（3）依靠重力排泥，这样的方式往往导致排泥量的控制不够准确，需要较高的运行管理和操作经验才能够很好得保证系统的稳定运行。

3. 污泥龄调整过程中出现反向效果的分析

在进行污泥龄控制时，常会发现加大排泥或者降低排泥并没有按照污泥龄的正面波动而对活性污泥浓度也出现正面波动，如通过加大排泥以降低污泥龄的时候，我们发现活性污泥浓度并没有随着排泥的进行而降低，结果是继续加大排泥量力度，但还是效果不佳，诸如此类现象是导致污水、废水处理操作人员对运用污泥龄来对工艺进行控制失去信心的主要原因。



当改变操作不能达到期望的工艺调整效果的时候，出现对该工艺控制项目的不信任是可以理解的。但是我们还是可以通过多种方法来说明为什么污泥龄为依据的操作工艺改变会得不到理想效果的原因，如表 3－12 分析。

**表 3－12　　污泥龄调整过程中出现反向效果的原因及对策**

| 污泥龄变化 | 负面效果 | 原因 | 对策 |
|---|---|---|---|
| 通过增加排泥来降低污泥龄 | 排泥后，未见活性污泥浓度降低，即相对的污泥龄并未缩短 | 进流废水有机物浓度过大，导致活性污泥增长迅速，排泥力度低于活性污泥增长量，通过进流废水有机物浓度、污泥负荷等指标可以判断 | 继续加大活性污泥的排泥力度 |
| | | 活性污泥浓度检测值较理论值偏低，导致确定的污泥龄偏小，在排泥力度上就显得相对不足 | 确认活性污泥浓度检测值是否正确，修正活性污泥排泥量 |
| | | 活性污泥发生丝状菌膨胀等导致活性污泥松散的故障，这类故障产生导致活性污泥回流比有效率不高，回流的是大量的水体而非活性污泥。最终是加大了排泥力度也没有看到明显的 MLSS 值降低，通过显微镜观察，$SV_{30}$沉降比、SVI 值对应，可以明确的判断出活性污泥松散的程度 | 可以针对性的就活性污泥丝状菌膨胀进行控制；特殊情况下也可投加絮凝剂强迫活性污泥絮凝，增加活性污泥的压缩性以利于排泥有效达成 |



续表

| 污泥龄变化 | 负面效果 | 原因 | 对策 |
| --- | --- | --- | --- |
| 通过降低排泥量来延长污泥龄 | 降低排泥后，未见活性污泥增长，即相对的污泥龄并没有延长 | 活性污泥老化过度，在降低排泥后更加导致活性污泥的老化，所以不能看到活性污泥浓度的进一步增长。通过活性污泥的污泥负荷可以判断目前的污泥老化程度，当然通过前面谈到的$SV_{30}$观察要点也可判断 | 纠正操作思维，不是非要升高污泥浓度才可以提高处理效率的，活性污泥浓度的确定要根据污泥负荷的，就污泥龄而言，如果控制过长的情况下仍然降低排泥的话将导致系统故障 |
| | | 进流污水、废水有机物浓度低，导致活性污泥浓度无法增长到合理的范围。因为在底物浓度过低的情况下，微生物增长低于排泥量的话，就会出现相对污泥龄没有延长的现象 | 尽量减少活性污泥的废弃是保证足够的活性污泥量对应的关键 |
| | | 活性污泥沉降的压缩性过大，导致废弃的活性污泥浓度极高，从排泥效率上看，虽然排泥量减少了，但在减少排泥量后，排出的高浓度活性污泥同样导致曝气池活性污泥浓度出现不增长的现象 | 分析废弃活性污泥的浓度或通过SVI值确认最终的合理排泥量 |



4. 计算排泥量的方法

排泥量的计算方法比较重要，否则没有目的的排泥往往导致系统严重损害，使得活性污泥系统恢复时间延长。下面就实际的活性污泥废弃污泥量的计算公式加以说明：

$$污泥龄（t）=\frac{VX_1}{24X_2Q}$$

式中　$V$——曝气池容积 m；

$X_1$——曝气池混合液悬浮固体（MLSS）浓度（mg/l）；

$X_2$——回流活性污泥混合液悬浮固体（MLSS）浓度（mg/l）；

$Q$——废弃活性污泥（排泥）流量 $m^3/h$；

24——计算值为小时，换算为天。

以上公式中，如果确定了要控制的污泥龄值就可以方便的推算出废弃活性污泥时排泥的流量了。这里边特别要注意 MLSS 值，作为回流活性污泥的浓度，理论上总比曝气池混合液的活性污泥浓度要高，通常要高出一倍以上，如果低于一倍的浓度，我们就应该检查活性污泥是否过于松散了。



5. 污泥龄和其他控制指标的关系及联合分析方法

我们从污泥龄的概念中已经了解到，污泥龄是用以判断活性污泥是否更新及时的关键指标，这个控制项目可以告诉我们活性污泥的活性及需调整的方向。

（1）污泥龄与污泥负荷的关系。污泥负荷的大小对应表示了活性污泥和进流污水、废水中有机物浓度之间的关系，当进流污水、废水中有机物浓度高的时候，污泥负荷就增大，此时对应的污泥龄需要延长，用以克服突增的进流污水、废水中高有机物浓度。如果仍然保持原有的污泥龄状态，势必加大污泥负荷，进而出现高污泥负荷所表现的系统故障特征，如出水混浊、排放水 COD 升高、活性污泥沉降性变差等等。从另一个侧面理解的话，当进流污水、废水有机物浓度增高时，势必需要更多的活性污泥加以对应，而活性污泥的增长需要一个过程，如前面讲到的 4h 一个世代周期。而当原有污泥龄不变时，我们看到的是活性污泥无法在最短的时间内出现增大的有效增长速度，所以这种情况下，应该大大降低排泥量，以获得最佳的污泥龄调节力度。

相反地，当进流污水、废水有机物浓度很低的时候，如果仍然保持原有的污泥龄很容易出现系统故障，事实上这种情况下的污泥龄控制是最困难的。可以想象到，为了控制污泥龄，如果加大排泥的话，由于进流污水、废水浓度低，曝气池活性污泥浓度会越来越低，最后因为活性污泥量偏少，而出现活性污泥间相互吸附的能力减弱。而延长污泥龄、减少排泥的时候，又会发现活性污泥特别容易出现老化。



那么如何准确地确定合理的污泥龄呢？这是我们最关心的，也是确定目前排泥是否过大或过小，污泥龄是否过短或过长的确定依据。

我们通常控制污泥龄的时间在 5～7 天，但这只是参考值，各个污水、废水处理厂还是要根据自身实际情况确认出不同季节的合理污泥龄控制值，在确认过程中，可以充分运用其他活性污泥控制项目进行参考调整。

（2）污泥龄与沉降比的关系。第一点讲到活性污泥的污泥龄控制可以参考其他活性污泥控制项目在实践中加以确定，就污泥龄和活性污泥沉降比的关系，我们还是可以发现，活性污泥的污泥龄长说明污泥发生老化的概率大，而活性污泥老化在活性污泥沉降比试验中是很容易被发现的，由此其对于确认污泥龄是否过长就有很好的参考价值。相反，污泥龄控制过短，在活性污泥沉降比试验过程中可以发现大量新增的活性污泥活性极高，沉降性和絮凝性差，上清液混浊。

（3）污泥龄和活性污泥容积指数的关系。前已述及这个问题，在污泥龄的计算公式中就可以发现，决定排泥量大小的一个很重要的影响因素就是废弃污泥的浓度。如果因为活性污泥过于松散，表现出 SVI 过大的话，势必会发生排泥流量的被动加大。同样，压缩性极好、污泥容积指数极低的排泥，在活性污泥浓度不高的情况下，排泥流量一定要控制准确，否则，可能半天的时间，活



性污泥浓度就可以下降40%，这对活性污泥系统来讲是相当不利的。

## 十、活性污泥回流比

### 1. 书面定义及实践操作的理解

活性污泥回流定义上的理解是流入二沉池的沉降活性污泥需要重新抽升到曝气池首端，与在曝气池首端入流的污水、废水进行混合，以达到吸附降解有机物的目的。从中可以看出，活性污泥的回流是用于补充曝气池活性污泥的浓度，在整个曝气池范围内达到首末段的活性污泥循环流动和降解。

我们把回流的活性污泥混合液流量与进入曝气池首端的污水、废水进流量的比值作为回流比的计算依据，单位是"%"；通常控制值在30%～70%。

回流比在实际的工艺控制操作中，正面的操作调控作用不甚明显，但是在活性污泥系统故障时的应急调控中具有重要作用。

### 2. 回流比合理控制值的讨论

活性污泥回流比的正常控制值在30%～70%，也就是说回流的活性污泥混合液流量在曝气池进流污水、废水流量的30%～70%之间。

控制高回流比和低回流比的必要性如表3－13所示。

表3－13　控制回流比的依据

| 回流比表现 | 控制依据 | 判别依据 |
|---|---|---|
| 回流比控制在较小值 | 活性污泥在二沉池内沉降压缩性较好时，可以调低回流比，因为在调低回流比的时候，由于回流的活性污泥浓度会上升，最终到达曝气池首端的总量就基本保持不变 | 通过活性污泥沉降比和活性污泥容积指数可以识别出活性污泥的压缩性状况 |
| | 进流废水处于高负荷状态，此时也需要调低回流比进行应对，理由在于，高负荷的进流污水、废水通常表现出有机污染物浓度高、水量大等特点，大水量对活性污泥的冲击还是很大的，通常导致活性污泥在二沉池出现沉降不佳的现象。同时，在大进流污水、废水情况下提高活性污泥的回流比，势必导致污水、废水在曝气池的停留时间延长，其结果是活性污泥降解过量有机物的所需时间被缩短，降解效果不充分，活性污泥不易进入衰竭期，沉降性不佳 | 通过进流污水、废水的有机物浓度检测可以识别出进流污水、废水的有机物浓度。同样，还需要结合目前的活性污泥负荷来判断受进流污水、废水冲击时的污泥负荷，最终用以指导确定合理的活性污泥回流比值 |
| | 控制较小的活性污泥回流比，有利于使沉降在二沉池底部的活性污泥延长静止时间，最终的结果是活性污泥将处于非常饥饿的状态，随后回流到曝气池首端就会出现惊人的吸附和降解有机物的能力。这在活性污泥负荷控制得当的时候尤为明显，大凡出现极佳处理效果的时候，都需要发挥活性污泥最佳吸附降解状态 | 通过活性污泥沉降比确定沉降的活性污泥是否具有恰当的压缩性，否则，在压缩性不明显的情况下，一味延长活性污泥在二沉池的停留时间将不具任何意义 |

续表

| 回流比表现 | 控制依据 | 判别依据 |
| --- | --- | --- |
| 回流比控制在较大值 | 回流比控制在较大值有利于抑制在低负荷状态下活性污泥老化现象的发生，通过加快停留在二沉池中的活性污泥回流到曝气池首端，可以避免活性污泥在二沉池停留时间过长。如果停留时间过长的话，缺氧状态下的活性污泥更易发生污泥老化 | 通过 $SV_{30}$ 确认活性物污泥沉降后污泥的性状，并结合曝气池人流污水、废水的有机污染物浓度检测值进行判断 |
| | 控制高回流比有利于在一定时间内加大活性污泥的抗冲击负荷能力，特别是发现突然的污泥负荷激增，那就有必要通过调整回流比，以提高活性污泥的抗冲击负荷能力，其原理在于明显的提高回流比，相对的会在较短时间内提高曝气池首端的活性污泥浓度，依次应对高负荷的冲击 | 通过进流污水、废水的有机物检测值可以确认进流负荷的冲击程度，这对通过食微比来判断是不困难的 |
| | 另外需要加大回流比是在曝气池受到除负荷冲击以外的情况所需稀释曝气池混合液的时候使用。如pH值过高过低对曝气池混合液的影响时可以通过加大回流比来快速稀释曝气池内的混合液，以降低pH值变化对系统产生的影响 | 可以通过预测人流到曝气池的污水、废水pH值变化，提前将二沉池的活性污泥回流到曝气池首端来稀释人流废水的pH值波动。通常二沉池的容积是曝气池的一半，如果充分利用这部分回流活性污泥将极大的抵消各类冲击物质对活性污泥的影响 |

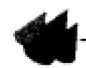


3. 活性污泥回流比和其他控制指标的关系及联合分析方法

（1）回流比与食微比的关系。食微比值调控得当对活性污泥系统来说至关重要，其中活性污泥浓度变动的瞬间反应性弱，对系统的及时调整性不强。相反，通过回流比的调整能够较快的对活性污泥浓度提供辅助支持。通过对活性污泥浓度的支持可以使来不及快速波动的活性污泥能够应对高负荷、高惰性物质的冲击，正如前面讲到的，大回流比对进流污水、废水的稀释作用是明显的。

（2）回流比与SVI的关系。回流比所体现的是补充曝气池流失的活性污泥，其他用途无非是生产实践中经验操作方法而已。SVI值高低对回流效果影响很大。SVI值过大，其回流的活性污泥浓度不高，支援曝气池首端的能力就不足，导致的结果就是活性污泥处于高活跃状态，出流水混浊，沉降性差。相反，SVI值过低，回流比不经调节的话，回流效率过高，进入曝气池首端的活性污泥过多，最终的结果是活性污泥始终不能处于饥饿状态，回流入曝气池的活性污泥吸附性能不佳。

（3）回流比与活性污泥沉降比的关系。回流污泥中回流比的确定仅仅是流量的确定，而我们要掌握的关键是回流比所体现的回流入曝气池的活性污



泥数量的关系。为此，可以通过检测回流活性污泥的浓度进行确认，当然，最简便的方法是通过活性污泥沉降比进行判断。通过活性污泥沉降比可以了解到活性污泥的沉降性能，继而推断出活性污泥在二沉池中的沉降状况，这对调节回流比在合理范围内可以提供有力的保障。沉降比实验中发现活性污泥沉降缓慢、压缩性差的时候，就应该加大回流比，同时提高废弃此部分活性污泥的力度，通过新增优良的活性污泥来改变活性污泥系统微生物的性状功能。丝状菌膨胀和活性污泥发生反硝化等异常状况导致的活性污泥松散是比较常见的，在发现这种状况的时候尤为需要注意调整活性污泥的回流比。

**十一、营养剂的投加**

**1. 书面定义及实践操作的理解**

营养剂的投加，教科书上并没有特别地说明其定义，我们在理解的时候主要是要知道投加营养剂是为了向活性污泥提供营养支持，保证其正常的生长繁殖。实践中，营养剂投加不足会导致活性污泥诸多方面的问题，特别是活性污泥沉降比和生物相显微镜方面能够发现诸多异常；而投加过量可导致放流出水的氮磷指标超标。

**2. 微生物对营养剂需求的原因**

在处理生活污水的时候，应该说污水的有机物和其他无机物之间的比例还是比较协调的，这时候活性污泥对各种营养元素的需求量不存在短缺问题；但是处理一般的工业废水时，经常会出现营养元素和微量元素的短缺或过量。

这里讲到的营养元素指的是微生物生长繁殖所必需的食物中除主要的碳氢化合物外的氮元素和磷元素，俗称氮磷，氮磷作为活性污泥的营养元素非常重要。

大家都知道活性污泥的微生物主体是细菌，细菌是由碳、氢、氮、磷、氧五种主要元素组成的，碳氢可以理解为有机物，因为有机物就是碳氢化合物，所以活性污泥生长的主体食物源即进流污水、废水中的有机物是供给活性污泥中细菌对碳氢的需求源。但是，微生物的正常生长繁殖仅有碳氢是远远不能保证细菌合成正常的细胞体的，其他氮磷元素同样需要补充。这也是营养剂在活性污泥正常繁殖中的重要意义。

在实践操作中，考虑更多是食微比的概念，主要就是考虑污水、废水中碳氢对微生物的适调性情况，却往往忽略了营养剂对活性污泥正常繁殖所起的重要作用。这对细菌合成良好的新生活性污泥具有决定性意义。



3. 营养剂对微生物供给的故障表现

表 3-14 营养剂投加不当产生的结果及原因

| 营养剂投加情况 | 活性污泥的表现 | 原因分析 |
|---|---|---|
| 营养剂投加不足 | 活性污泥絮凝性差 | 活性污泥在分解有机物时需要配合比例的营养剂投加，当出现不足的时候就不能分解适合分解足量有机物的微生物了。在缺乏营养剂的状态下，活性污泥合成过程得不到氮磷的足量配合，絮凝性随即转差 |
| | 活性污泥沉降性差 | 由于活性污泥絮凝性较差，过量细小的活性污泥絮团就更不能发挥较好的沉降性能了。同样，由于没能合成足够的微生物来应对进流相对高浓度的有机物，活性污泥处于高负荷状态，在污泥负荷较高的状态下出现活性污泥沉降性差也就成为必然了 |
| | 活性污泥处理效率下降 | 处理效率的下降还是因为合成细菌体的时候营养剂的不足而导致不能有效和足量的合成。同时，活性污泥结构的松散和因沉降性差而流失是导致活性污泥处理效率差的另一个原因 |
| | 二沉池放流出水带呈棕黄色 | 二沉池放流出水带呈棕黄色有多种原因，其中因为活性污泥缺乏营养剂的足够补充而导致活性污泥合成和代谢的故障，就会发生活性污泥的解体，当解体的活性污泥溶解到水体中时便可发现二沉池放流出水的异常了 |
| 营养剂投加过量 | 二沉池滋生青苔 | 青苔和藻类一样，利用光合作用进行繁殖，但同时需要营养剂作为必要元素。当营养剂投加过量时，极易导致在二沉池出水堰口上滋生青苔。在水质处理较好时也可发现藻类的踪迹。我们可以理解为投加人生化系统的氮磷过量导致活性污泥正常生长繁殖后不能全部利用尽投加的营养剂，在有富余的情况下就会出现相对的富营养化现象 |
| | 二沉池出现浮泥 | 二沉池发生污泥上浮的原因很多，但由于营养剂投加过多导致的活性污泥上浮，多半是活性污泥中存在过量的氮而导致活性污泥在厌氧状态下发生了活性污泥的反硝化现象。反硝化过程中产生的气体携活性污泥絮团上浮，其上浮状态常呈雪花样片状上浮 |

4. 营养剂投加点

营养剂作为微生物新陈代谢和繁殖的必备元素，就其投加位置来说，我们很清楚是投加在生化池内，但就具体位置而言，投加点应设置在曝气池的首端。但是我们发现营养剂投加在生化池首端时，尚不能与进流污水、废水快速混合，这对曝气池首端的活性污泥营养剂的供给来说是显得不足的。为了避免这种情况的发生，可以借鉴管道混合器的原理来改变这种不利状况，即在营养剂投加入生化系统之前就让营养剂与进流污水、废水进行充分的混合。当然也可将营养剂投加到初沉池的出水堰中，同样能够达到相同的效果。



5. 营养剂炮制方法

前面已经阐述过微生物生长繁殖所需的氮元素和磷元素，在供给氮元素的时候我们通常会选择用尿素进行炮制。尿素的含氮量在46%左右。炮制尿素的时候先放水入溶解槽，然后倒入尿素。当然在炮制尿素的时候，我们要注意不要将缝合用的线头拆卸到溶解槽内，以免堵塞加药泵，影响投药量及投药效果。为了供给微生物所需的磷元素，我们可以炮制磷酸来提供磷元素，磷酸的浓度通常在85%。在炮制磷酸的时候，也可以先放水再投加磷酸入炮药槽，但是因为磷酸是腐蚀性液体，所以在炮制的时候，要佩戴防腐手套和防护眼镜。

6. 营养剂投加方法

营养剂的投加方法通常有两种：一是将营养剂炮制成液体用定量泵浦投加；二是直接将固体或浓液投加于生化池内。均匀连续地将营养剂投加入生化系统是非常有必要的，这可以充分发挥活性污泥降解能力，所以通过将营养剂炮制成稀溶液通过定量泵浦投加是比较理想的。相反，直接将营养剂抛洒入生化池就显得不太可取，通常在设备故障或不稳定的时候可以临时使用，但就长远来讲还是要避免用此种方式供给营养剂。

7. 营养剂投加量的确定

营养剂投加量的确定是合理投加营养剂的前提。在确认投加营养剂的量时，通常采用如下经验比例进行计算，即有机物:氮:磷 =100:5:1。比例式中，有机物可以用BOD值来表示，氮用N来表示，磷用P来表示。实践中此比例值计算的时候，由于BOD值计算的滞后性，我们一般用COD值来反推BOD值。但是，反推的比值需要检测多个对比值进行最终确认，而且也需要进行定期校验确认，这是COD转换为BOD正确性的重要保证。

此比值我们可以理解为每分解100g有机物，对应的需要消耗5g氮和1g磷，才能保证活性污泥分解有机物时对营养剂的需求是平衡的。

下面通过一个例子来说明如何计算营养剂的投加量。

日处理水量：20000$m^3$/d；

进入生化系统的COD值：500mg/L；

BOD/COD =0.4；

尿素含氮量：46%；

磷酸含磷量：85%。

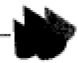
计算：

$$每天投加尿素量 = 20000 \times 500 \times 0.4/1000 \times 5/100/0.46 = 435kg$$

式中　20000——每日处理水量；

500——进入生化系统的有机物浓度；

0.4——有机物浓度COD值转化为BOD值；



1000——单位换算，即克转化为千克；

5——有机物∶氮∶磷 = 100∶5∶1 中氮的需求量比例；

100——有机物∶氮∶磷 = 100∶5∶1 中有机物的需求量比例；

0.46——尿素中有效氮的含量。

$$每天投加磷酸量 = 20000 \times 500 \times 0.4/1000 \times 1/100/0.85 = 47\text{kg}$$

式中 20000——每日处理水量；

500——进入生化系统的有机物浓度；

0.4——有机物浓度 COD 值转化为 BOD 值；

1000——单位换算，即克转化为千克；

1——有机物∶氮∶磷 = 100∶5∶1 中，氮的需求量比例；

100——有机物∶氮∶磷 = 100∶5∶1 中，有机物的需求量比例；

0.85——尿素中有效氮的含量。

8. 营养剂计算投加量和实际投加量的差值说明

通过营养剂投加量计算公式计算出的营养剂投加量往往较实际需求量大，这主要是因为忽视了进流污水、废水中或多或少还是含有营养剂的，如果忽略了这部分营养剂的含量，按理论投加量投加，出现排放水氮磷超标就比较正常了。因此要对进流污水、废水中氮磷值引起足够重视，将此部分氮磷含量计算出来，在理论计算值中扣除掉，这样投加的氮磷含量就不会过量了。



计算例如下（如前基本条件）：

日处理水量：20000$m^3$/d；

进入生化系统的 COD 值：500mg/L；

BOD/COD = 0.4；

尿素含氮量：46%；

磷酸含磷：85%；

进入生化系统的污水、废水含氮量：5mg/L；

进入生化系统的污水、废水含磷量：0.5mg/L。

计算：

进流水中含氮量的计算

$$N = 20000 \times 5/1000 = 100\text{kg}$$

式中 $N$——生化系统进流污水、废水中氮含量（kg）；

20000——进入生化系统的水量（$m^3$/d）；

5——进入生化系统的污水、废水含氮量（mg/L）；

1000——g 转换到 kg 的换算；

100——计算出的最终流入生化系统的氮含量；

进流水中含磷量的计算



$$P = 20000 \times 0.5/1000 = 10\text{kg}$$

式中　$P$——生化系统进流污水、废水中磷含量（kg）；

20000——进入生化系统的水量（$m^3/d$）；

0.5——进入生化系统的污水、废水含磷氮量（mg/L）；

1000——g 转换到 kg 的换算；

10——计算出的最终流入生化系统的磷含量。

7 节中计算给出的答案是忽略进流污水、废水中营养剂的含量得出的。根据理论计算值来投加营养剂，就会出现出流水氨氮和总磷偏高的现象，而在这个计算例中，我们就可以看到，如果没有扣除进流污水、废水的营养剂含量，实际就多投加尿素（100/0.46）=217kg，多投加了磷酸（10/0.85）=11.8kg，不但容易导致出流水的营养剂超标，就经济性方面也不合适。

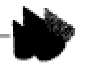
9. 导致进流污水、废水营养剂偏高的原因

前已述及，通常的市政污水水质成分均衡，微生物所需的各种元素丰富，富含氮磷也很正常。但是，工业废水却总会缺少部分微生物所需的元素，特别是营养剂中的氮磷，这主要和工业废水成分单一有关。

但是，在实践操作中却可以看到如下的现象：就是在检测调整池内的污水、废水时却还能检测到氮磷。看似矛盾的检测结果，却给我们很多提示，不注意这一点的话通常很难把握最终向生化系统投加营养剂的量。那么，这些氮磷是哪里来的呢？要回答这个问题，需要从系统内的流程说起。通常进入调整池的污水、废水大多来自生产线上的污水、废水排放源，其中缺乏氮磷元素是非常普遍的，但是，来自压滤机的滤后水也会回流到调整池，另外生化系统的活性污泥废弃通常是要进入污泥浓缩池，而浓缩池上清液溢流后同样也回流到调整池，如此，调整池中氮磷就会升高，特别是活性污泥排出剩余污泥时，通过浓缩池上清液回流进入调整池的磷含量是相当可观的。而氮的升高就没有磷这样明显了，其产生多与活性污泥性能的阶段性波动有关，在利用率不高时投加过量的尿素，自然会有部分回流到系统的首端调整池中。

10. 如何确认投加营养剂没有过量

要确认营养剂投加是否过量，通过理论计算并扣除进流污水、废水氮磷含量，由此得出的氮磷投加需求量理论上是对的，但往往还是出现投加过多或过少的情况。那么如何找到一种快捷有效的方法来判断投加的氮磷是否适量，并以此来指导投加量的修正呢？我们认为通过检测放流出水的氮磷含量是比较可行的方法。通常氮磷排放满足国家排放标准即可，但是这个检测值给我们在氮磷投加是否适量方面的指导作用是明显的。理论上，检测到放流出水的氮磷值越小越好，因为检测值越小，代表微生物对投加补充的氮磷有效利用率越高，也越不浪费。同时，由于检测氮磷所需的检测时间不是太长，有利于及时对营养剂投加量进行调整。



11. 营养剂投加和其他控制指标的关系及联合分析方法

(1) 营养剂投加和污泥负荷的关系。营养剂的投加量主要是依据进流污水、废水中的有机物含量决定的，这在营养剂投加参考比值中也已提到。同样，活性污泥负荷与进流污水、废水中有机物含量关系密切。当进流污水、废水中有机物含量过高时，就需要更多量的活性污泥与之对应，增加活性污泥浓度自然需要更多的营养剂作为合成细胞体的补充。相反，则活性污泥对营养剂的需求降低。活性污泥负荷的调整就活性污泥浓度这一可调措施来讲，往往是滞后的，但是，营养剂投加的调整则需要先行对应，这也是活性污泥浓度跟随调整的基础。

(2) 营养剂投加和活性污泥沉降比的关系。活性污泥沉降比的好坏受到诸多方面的影响，这也是通过活性污泥沉降比的全程观察能够了解活性污泥系统诸多方面影响因素的原因。营养剂投加不足同样可以在活性污泥沉降比中得以确认。

当活性污泥缺乏营养剂的时候，活性污泥会出现解絮、菌胶团细小、出水混浊等现象，主要还是因为活性污泥缺乏营养剂，导致活性污泥中微生物合成细胞体受限。这样的活性污泥沉降速度缓慢，处理效率低下，我们必须根据放流出水的氮磷检测数据，系统判断出活性污泥的对营养剂的需求情况，避免出现营养剂投加不足的现象。



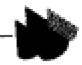
营养剂投加过量同样对活性污泥沉降不利，除了会发生污泥反硝化导致的污泥上浮，还会导致活性污泥系统中生物相的变化，我们可以从生物相观察中原生动物的种类得到印证，主要表现在爬行类纤毛虫的数量变化上。如楯纤虫的消失，累枝虫代替钟形虫占优势等活性污泥原生动物的变化。从这个方面可以发现营养剂投加过多，在一定时期内对活性污泥中的微生物影响不大，但是长期过量投加，微生物种群将发生变化，影响的直接后果是活性污泥处理效率的低下。

(3) 营养剂投加和原水成分的关系。营养剂的投加和进流污水、废水的原水成分关系密切，因为投加多少营养剂完全取决于进流污水、废水中的有机物浓度和固有氮磷含量，我们从确定营养剂投加量的公式中就完全可以得到印证。并也提到市政污水由于主要污水来源是居民小区，所以其水质成分比较均匀，微生物所需的各种营养组分都能涉及到，这样的情况下，基本上不需要补充额外的营养剂。而工业废水通常会缺少氮磷，但是有的工艺也不见得是这样的情况，主要还要从生产工艺中所用到的化学药品来进行分析。如果投加含有氮磷的化学药剂作为原辅料，那么来自生产现场的排放废水中就含有或多或少的氮磷成分，有时甚至是过量的，这样对后续生化系统中的微生物来说可能是过量的，其结果是容易导致后段排水的氮磷超标。为此，我们有必要强化前段物化处理系统中对此部分过量氮磷的有效去除，特别是磷，可以通过投加氢氧化钙进行混凝沉淀去除。




# 活性污泥性状分析法





(1) 高温情况的避免是因为在显微镜观察时，载玻片上的水样本身数量较少，高温下样品水体会出现膨胀，富含的细小气泡会析出来而影响观测效果。

(2) 避免阳光直射可以有效防止被检测样品中的气泡析出膨胀的发生，更可避免存在的气泡因为阳光直射而发生反光、折射等现象而影响观测效果。同时，也可以防止对眼睛的伤害，特别是夏天，在高亮度、高阳光直射的地方观察生物相，眼睛比较容易发生疲劳。

(3) 振动的防止，相信都比较能理解，不但是观察稳定性的需要，更是本身安全性的需要，这就引申出显微镜的放置场所也需要保证安全。

(4) 光线不足问题。前已述及，在显微镜没有自带补充光源的情况下，如果环境照度低于300Lx，观察的时候显微镜视野就显得比较暗，这种情况在晚上观察就比较常见。为此，需要显微镜自带的补充光源来满足观察对光照度的需求。

(5) 光线异常的理解，指的是如果周围的光线是彩色光线，那么，在显微镜内观察到的视野色彩通常也是彩色的，这对观察活性污泥性状有干扰作用。

**三、显微镜观察用样品采集的注意点**

样品采集对显微镜观察效果的影响是比较明显的，采样错误，得出的观察结果会误导我们对活性污泥运行参数的调控。要避免这样的情况发生，除了学会规范的采样方式和采样注意点，自身经验的积累和通过综合分析方法来最终得出活性污泥系统工艺控制参数的调整就显得比较重要了。

1. 样品采集位置

采集的活性污泥样本位置和检测活性污泥沉降比一样都是来自曝气池末端的混合液，此位置的活性污泥混合液不论从活性污泥的稳定性、絮凝性、种群数量还是原生动物代表性来讲都是最佳的。

(1) 稳定性是依据活性污泥增长阶段方面分析得出的。在曝气末端，活性污泥处于减速增长期，活性污泥活性降低，稳定性就变得更加可靠了。

(2) 絮凝性方面。因为活性污泥处于减速增长期，表现得活性污泥沉降性就更明显，自然絮凝性也更佳。

(3) 微生物种群方面。这里指的还是原后生动物种群，微生物的主体细菌种群不在讨论之列。由于活性污泥中原后生动物的种群在曝气池首端常见的是非活性污泥类原生动物占优势，在曝气池中段是中间性活性污泥类原生动物占优势，而曝气池末端的最终原生动物以何种种类占优势决定了活性污泥生物相所处的功能性状。据此位置采集的活性污泥混合液进行生物相显微镜观察，其结果最具代表性。

2. 检测液采集的方法

当我们在曝气池末端采集到待检测的混合液后，需要选取一滴到载玻片上，以备检测。就这一过程需要注意如下要点。



(1) 所取活性污泥混合液在被取样检测前，最好不要让它发生絮凝沉淀，可以通过不停的缓慢摇动来避免在检测前发生活性污泥沉淀。我们认为，活性污泥发生絮凝沉淀后，如再次被搅匀，其随后发生的絮凝效果将会略有减弱，而悬浮在上清液的细小絮体将会增多。这样对我们在利用显微镜观察活性污泥性状的时候会存在一定的误导，如观察到的活性污泥结构松散、细小、不密实、颜色偏淡等。为了规避这样的影响，确保在曝气池采样后活性污泥的不絮凝控制还是必要的。

(2) 通常采集活性污泥样本到载玻片上所用的工具是胶头滴管，那么胶头滴管伸入到被采集的活性污泥混合液中前需要进行充分搅拌，使活性污泥悬浮于混合液中，同时胶头滴管伸入到混合液中的深度也要控制好，一般到混合液的中部为宜。采集后，在将活性污泥混合液移动到载玻片前，可以将胶头滴管内的混合液挤掉几滴，然后将一滴活性污泥混合液置于载玻片上。

(3) 载玻片上所取的一滴混合液，在实际使用过程中是过量的，在盖上盖玻片时会有部分溢出而需要擦拭掉，否则，盖玻片容易在载玻片上移动。同时，被采集的这一滴获悉功能的污泥混合液也会在高差、温度等作用下发生内部流动或移动。为此擦拭掉这多余部分的活性污泥混合液是有必要的，我们可以按照 1/4 的活性污泥混合液比例来确定被擦拭掉的这一滴活性污泥混合液，也就是说在被擦拭后的待检测样品中，其实际采集样品量是 3/4 滴活性污泥混合液。



3. 采集样品计数方法

我们可按如下方法计算被采集样品的实际体积。

每 mL 活性污泥混合液可以滴出 24 滴，那么，每滴活性污泥混合液的体积就是 1/24 = 0.04mL，而我们需要擦拭掉 1/4，所以，最终这一滴待检测的样品实际取用体积是 0.04 × 3/4 = 0.03mL。据此，我们可由显微镜观察过程中所得的原后生动物数量推算到每毫升的含量，此时的数据更具参考意义。

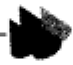
4. 样品采集用容器的日常管理

样品采集容器的使用和管理在日常检测中也需要多加注意的，否则，其对检测结果也会产生一定的影响。通常影响来自：

(1) 采样容器没有清洗干净，会导致容器内滋生生物膜、青苔等，严重时甚至堵塞胶头滴管。这样的问题主要还是与实验人员习惯不佳有关。

(2) 为了清洗采样容器、避免产生生物膜，通常会用酸类进行必要的清洗，但是如果没有清洗干净的话，残留的酸类物质就会对微生物产生抑制。特别是胶头滴管的清洗，残留酸类不去除的话，采集的活性污泥会到较大的干扰，严重的时候会发现原后生动物失去活性，这时我们会误判断是进流污水、废水导致的活性污泥受到冲击。

(3) 为了保持采样容器清洁，最好是每次采集完样品后用自来水清洗，容器内残留的水分要倒除干净，避免残留在容器内而发生生物膜或藻类滋生。



**四、活性污泥显微镜观察样品的制作**

活性污泥显微镜观察样品的制作对观察效果的好坏有比较大的影响，我们已经清楚的知道，样品制作需要用到载玻片和盖玻片，这两者的操作配合需要多加锻炼，否则盖玻片极易损坏。具体制作步骤如下。

（1）将载玻片湿水（自来水）后，用纸巾擦干待用。

（2）盖玻片的清洁也需要湿水后用手拿住一个角，然后用纸巾沿外侧方向擦拭干水分，只沿一个方向轻轻擦拭是避免盖玻片破裂的一个方法。擦干后待用。

（3）用胶头滴管取混合均匀的活性污泥混合液，废弃首端的数滴，中途取一滴于载玻片中部。

（4）将准备好的盖玻片拿起，尽量只捏住一个角，先将外侧的一个盖玻片的边插到被检测活性污泥样品的边缘，当盖玻片的边接触到水样边缘和载玻片时，在25°左右缓缓放下盖玻片，则盖玻片可以完全压住被测样品了。

（5）用纸巾将游离在盖玻片周围的挤压出来的活性污泥混合液擦掉，保证被观察样品内液体不因为过多而发生移动。

通过以上步骤，被检测样品制作完成。

**五、显微镜观察前的调整**

显微镜观察前的必要调整是正常发挥显微镜观察功能不可或缺的步骤，具体包括如下：

（1）将显微镜电源接通，以便开启辅助光源。

（2）调整物镜到最小放大倍数位置，以便在观察时能够保证在宏观视野上了解被测样品中活性污泥的宏观状态，如菌胶团的性状、絮凝状态、活性污泥色泽等。

（3）具体放置显微镜的位置要避免阳光直射，以免影响观测效果。

**六、活性污泥样本的观测过程**

（1）当被检测样品放置到显微镜上时，我们就可以通过显微镜开始观测活性污泥了。

（2）调解显微镜自带辅助光源的亮度，当从目镜中观察到被测样品呈现亮白色时即辅助光源强度调节到位。

（3）用粗调旋钮上下调解观察，捕捉活性污泥的粗略焦距，当发现活性污泥被检测样品时，再用微调旋钮进行精确调解，以得到最佳观测焦距。

（4）观测时需要注意，微调过程会发现三个层面，第一层是盖玻片表面，如果盖玻片擦拭不干净，不熟练的观测者还是会误以为就是活性污泥样品的观测层，鉴别要点是该层表面无机质为主，不存在活性污泥菌胶团所特有的絮凝效果，而是呈现不均匀的单体散乱状；第二层观察到的就是活性污泥层了，该层被观测物丰富，可观察到原后生动物和后生动物，是我们需要观察的检测层；



第三层是盖玻片底面，其观测到的内容与盖玻片表面相仿。

（5）观察到了第二层的活性污泥观察层，我们的显微镜调整就结束了。在实际检测中，通过改变物镜的倍数可以更加放大被检测活性污泥的观测效果。

（6）显微镜放大倍数方面，就寻找和确认活性污泥宏观面来讲用400倍即可了，对原生动物和后生动物的观察600、800倍也能达到较好效果了，如需要观察非活性污泥及丝状菌等的特殊结构，可以选用1000倍的放大倍数进行细致观察。

（7）在放大倍数与光亮度的关系方面，放大倍数越大，辅助光源开启亮度要求就越高。为此，我们需要在高放大倍数情况下开大辅助光源的亮度来满足观测亮度的要求。

## 第二节 显微镜观察对象——原后生动物

活性污泥的主体微生物种类繁多，其中细菌占据主导地位，不仅种类繁多，其在数量和降解有机物中的地位也是绝对的。但是，观察活性污泥性状时，却不能以细菌作为观察对象来确认活性污泥的运行现状及发展趋势。较为成熟的方法是通过显微镜观察活性污泥内的原后生动物种类、数量、活性等来评判活性污泥的现状及发展趋势，并最终指导和追踪运行工艺参数调整的效果和结果。



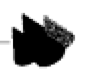
### 一、观察原后生动物和观察细菌的区别

1. 通过观察细菌的种类、数量、活性等来评判活性污泥的现状及发展趋势的不足点

活性污泥的主体微生物中，占绝大多数的是细菌，由于其个体体积过小，观察的时候普通显微镜没法进行观察，同时，细菌的性状识别需要通过培养过程来达到确认要求，这在管理上也非常的不方便，加之需要染色观察等复杂过程，目前的活性污泥显微镜观察并不把细菌作为观察对象，而仅仅通过普通光学显微镜对菌胶团的形态、色泽、松散紧密度等进行观测。

2. 利用原后生动物代替细菌进行显微镜观察的缘由

前已就细菌在观察的时候存在诸多不方便的地方进行说明，所以，我们认为用观察细菌的形态、种群、数量来为活性污泥工艺操作提供参考基本上是不可行的。但是，并不是说细菌的观察受到限制，显微镜观察就可以不要了，相反可以通过观察活性污泥中的原后生动物来达到了解活性污泥性状的目的。选择利用原后生动物主要原因是大部分原后生动物都以游离的细菌作为捕食对象，这样一来，游离细菌产生的原因及程度都可以通过原后生动物的观察来得到验证。



3. 原后生动物在活性污泥系统中的地位和作用

活性污泥系统中出现的微生物包括细菌、真菌、病毒、立克次体、衣原体、支原体、原生动物、后生动物、节肢动物等等。其中病毒在整个微生物中是最小单位，其所体现的降解能力可以忽略，主要因为病毒是寄生在细菌体内，以分解细菌体来获得能量的，所以可以将病毒理解为不对有机物有降解作用。立克次体、衣原体、支原体是介于病毒和细菌之间的，因其种类和数量有限，也可将其理解为不对有机物有降解作用。接下来的细菌则是活性污泥降解有机物的绝对主力军，其世代周期短、凝聚成菌胶团后极强的抗冲击负荷能力等明显特点，决定了活性污泥的可调节性，是发挥活性污泥超强处理能力的基础保证。

而在活性污泥中为数较少的原后生动物，其主要食物来源是游离的细菌和细小的菌胶团。原生动物都以单体存在，所以，在抗冲击负荷和活性污泥运行条件改变时，通常原后生动物在数量、活性、种类等方面会出现明显的波动，这对我们通过这些波动来反推目前活性污泥的状态具有重要意义，也是我们利用活性污泥显微镜观察原后生动物的变化来判断工艺状况的重要依据。

从原后生动物的个体上来说，其体积大小正好是普通光学显微镜观察的范围，大部分原后生动物都可在放大 800 倍后清晰观察到其形态及个体识别，更大一些的后生动物更是通过 400 倍放大即可清晰鉴别确认。



综合以上，由于活性污泥中原后生动物在食物链上与细菌存在着捕食和被捕食的关系，其在活性污泥控制参数及环境变化时表现的敏感度、观察其个体形态及活性的便利性等决定了活性污泥显微镜观察中原后生动物的重要地位和作用，使得我们通过普通光学显微镜来观察活性污泥成为可能，更为活性污泥工艺控制中对活性污泥自身直接的功能判断提供了可能。

## 二、原后生动物分类

原后生动物种类繁多，如果不进行必要的分类，在实际观察过程中很难将观察结果用于活性污泥的系统功能判断上。如何进行分类，不同的参考资料上都有一定的说明，但其分类在实践方面的意义却在大多数参考书籍上没有明确的说明，这种基础性的理论范围内结合实践的说明是非常有必要的，是我们在宏观面更加深入了解活性污泥显微镜观察的重要支持。接下来我们将共同探讨和学习这方面的实践类总结知识。

1. 活性污泥系统中原后生动物的分类方法

（1）根据原生动物的特殊结构加以区别，将其分为鞭毛虫和纤毛虫；

（2）根据原生动物的活动方式可分为：游动型类、爬行类和附着类；

（3）根据其对活性污泥是否有利可分为：非活性污泥类原生动物、中间性活性污泥类原生动物、活性污泥类原生动物三类。

以上分类中，第（3）类在实践中运用最多，也是最能指导活性污泥功能判断和调整效价确认的分类方法。





2. 使用分类方法概述

这里所指的使用分类方法是第（3）类，即根据原生动物对活性污泥是否有利分为：非活性污泥类原生动物、中间性活性污泥类原生动物、活性污泥类原生动物三类。下面就对这三类原生动物进行详细的分类意义说明。

（1）非活性污泥类原生动物。所谓非活性污泥类原生动物是指此类原生动物的出现往往是在活性污泥系统发生故障，各种控制项目参数控制不合理的情况下才会大量繁殖并占据活性污泥内原生动物的种群优势。

非活性污泥类原生动物的常见种类如表 4－1 所示。

**表 4－1　　非活性污泥类原生动物的常见种类**

| 非活性污泥原生动物名称 | 形　态 | 形态特点 | 活动特点 |
| --- | --- | --- | --- |
| 侧跳虫 |  | 个体偏小，有两根鞭毛，放大 800 倍以上可辨析其外部形态及鞭毛。鞭毛位置在身体侧中上部，两鞭毛根部合并，内部伸缩泡、包囊等不可见（800 倍放大其观察视野内大小约 1mm） | 以不停的跳动为其特点，不固着于菌胶团上 |
| 滴虫 |  | 形状多样，多以椭圆形、心形和不规则形多见，结构大小略大于侧跳虫，也带鞭毛，但较侧跳虫为短，鞭毛以一根主鞭毛带一根较短的次鞭毛为特征 | 以慢速游动形为特点 |
| 波豆虫 |  | 体型较滴虫略小，较侧跳虫略大一点，其形态多样鞭毛根数也是两根，但其位置是在头部，而侧跳虫是在身体中上部 | 以缓慢游动为主 |
| 豆形虫 |  | 体型如豌豆，周身具稀疏纤毛，个体较大（800 倍放大，视野内约 2mm） | 以慢速游动形为特点 |
| 肾形虫 |  | 体型较大，约草履虫 1/3 大小，周身有纤毛，带细胞口，食泡及收缩泡明显 | 以慢速游动形为特点，常游弋于菌胶团周围 |



续表

| 非活性污泥原生动物名称 | 形　　态 | 形态特点 | 活动特点 |
|---|---|---|---|
| 扭头虫 |  | 体型较大（800倍放大，视野内约4mm），周身具丰富纤毛，身体前段成扭曲状，扭转部位可见进食口缘 | 以慢速游动形为特点，其活动速度快于滴虫 |
| 草履虫 |  | 体型较大，多数人在课本中学过，所以鉴别难度不大，其个体较侧跳虫大50倍以上 | 以慢速游动形为特点，常游弋于菌胶团周围 |
| 暗尾丝虫 |  | 体型较小，800倍放大确认体型，周身纤毛，单根尾毛明显，可见口缘，头部台形可见 | 以慢速游动形为特点 |
| 表壳虫 |  | 如圆盘，显微镜观察略带透明，有指状伪足 | 移动缓慢，通常不能观察到其移动 |
| 变形虫 |  | 体型不固定，伪足和收缩泡800倍可见，以其体型可变为主要特征，观察整体透明性较好 | 移动极其缓慢，常深入菌胶团捕食 |



（2）中间性活性污泥类生物，多以慢速游动型为主要特征，无破坏或影响菌胶团絮凝及沉降的不良表现，但其种类数量不多。其存在的时间是在活性污泥系统由培菌初期到活性污泥成熟期的过渡阶段，或者是活性污泥由差转好和由好转差这种阶段，究其存在的根本理由是具备少量的游离细菌供其生长繁殖所需。

中间性活性污泥类原生动物的常见种类如表4－2所示。

**表4－2　　　　中间性活性污泥类原生动物常见种类**

| 中间性活性污泥原生动物名 | 形　　态 | 形态特点 | 活动特点 |
|---|---|---|---|
| 卑怯管叶虫 |  | 在游动型中间性活性污泥类原生动物中，其体性是较小的一类，周身带纤毛，颈部较长（约占体型的1/2），体型柔软可变 | 以快速游动为其特点，穿梭于菌胶团内的能力强 |

续表

| 中间性活性污泥原生动物名 | 形　态 | 形态特点 | 活动特点 |
|---|---|---|---|
| 裂口虫 | | 裂口虫体性较大，一般是较卑怯管叶虫体型大小的4倍左右，颈部长度约占身体的1/2。周身具纤毛 | 其游动速度较卑怯管叶虫慢，混杂在菌胶团内的活动能力也低于卑怯管叶虫 |
| 斜管虫 | | 800倍显微镜观察可清晰辨认其形态，身体柔软，头部倾斜，口器明显，周身具纤毛 | 游动速度较快，以菌胶团外缘活动常见 |
| 粗袋鞭虫 | | 体型较裂口虫略小，周身不具纤毛，头部两根鞭毛特征明显，600倍显微镜放大可清晰辨认其形态。体型不透明，周身不具纤毛，体型柔软度好 | 游动速度缓慢，沿头部鞭毛方向前行 |
| 沟内管虫 | | 与粗袋鞭虫一样，同样具备两根鞭毛，但沟内管虫体型呈长椭圆型，身体垂直方向沟槽状凹陷明显，头部鞭毛呈前后伸展，体型约是斜管虫的1/5，周身不具纤毛 | 游动速度缓慢，不善于在菌胶团内移动 |
| 漫游虫 | | 体型与裂口虫相当，颈部约占整体的1/3，体部圆厚，不透明，周身具纤毛，身体变形能力较卑怯管叶虫为差。400倍放大可辨析清楚，800倍可辨析其纤毛 | 游动较裂口虫为快 |

（3）活性污泥类原生动物种类最多，观察方便且常见，其指标对活性污泥所处状态具有较高的参考价值。对活性污泥类原生动物存在的理由，我们认为成熟的活性污泥，在其主要控制参数得当的情况下，大量繁殖是存在可能的，特别是附着原生动物。当活性污泥混合液中游离的细菌进一步减少时，可供非活性污泥类及中间性活性污泥类原生动物摄食而大量繁殖的游离细菌量不足以为其提供支持。那么，可以利用游离细菌又可以摄食细小菌胶团的活性污泥类生物即可优势生长了。

活性污泥类原生动物的常见种类如表4－3所示。

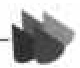


**表 4－3　　常见的活性污泥类原生动物**

| 活性污泥原生动物名称 | 形　态 | 形态特点 | 活动特点 |
|---|---|---|---|
| 盾纤虫 | | 盾纤虫在活性污泥类原生动物中是属于体型较小的一类，依靠刚毛行走，体型如盾牌而得名 | 匍匐爬行，善于穿梭于菌胶团内 |
| 斜口虫 | | 斜口虫体型与斜管虫相仿，不同点在于其周身不具纤毛，体型不具柔软性；而斜管虫具纤毛，体型柔软，头部明显变薄 | 活动速度较斜管虫慢 |
| 三刺榴弹虫 | | 因其尾部具三根明显的刚毛，加之体型如榴弹而得名，体表形呈鳞壳而可助鉴别，体型较盾纤虫略大，周身具稀疏纤毛，不透明 | 游动速度较快，因没有爬行用刚毛而不适在菌胶团内移动，常在菌胶团外围活动 |
| 尾棘虫 | | 体型较大，在原生动物中个体属特大型的，约是游仆虫的3倍。尾部三根较长的刚毛与游仆虫可明显的区分开来，周身具更多纤毛 | 具快速游动和在菌胶团内穿梭的能力 |
| 游仆虫 | | 游仆虫体型较盾纤虫约大4倍左右，其体型特征是呈椭圆形，刚毛数量多，周身也具稀疏纤毛 | 因其具备纤毛和刚毛的功能，具匍匐爬行能力，可在菌胶团爬行 |
| 鼬虫 | | 体型如鼬鼠，两尾突明显，周身具纤毛，头部口器明显，其头、体、尾区分清晰 | 活动能力强，如鼬鼠状活动状态能穿梭于菌胶团内 |
| 吸管虫 | | 吸管虫为附着类原生动物，具体、柄，其体部可呈圆形和三角形，柄的形态具刚性，以独居为主要存在特征 | 因属附着类原生动物，其不具备活动性，需粘附在菌胶团上 |
| 累枝虫 | | 其生长方式以累接集居为特征，其累枝带节为其鉴别要点，600倍显微镜观察可鉴别清晰 | 因属附着类原生动物，其不具备活动性，需粘附在菌胶团上，但其身体具活动性，口部纤毛的频繁运动是摄食的主要目的 |

续表

| 活性污泥原生动物名称 | 形　态 | 形态特点 | 活动特点 |
|---|---|---|---|
| 钟虫 | | 钟虫是活性污泥在正常状态下最常见的原生动物，个体略大于累枝虫，唯一可明显区别的是其集居方式并不像累枝虫一样将柄累枝在一起的，而是单独存在的 | 其活动方式同累枝虫，由于其柄不具刚性，而在活性污泥中可随水流摆动 |
| 独宿虫 | | 也属于附着类活性污泥生物，其个体较钟虫为大，单体存在，体型较长，口部的领口特征明显，400 倍放大可明显辨析 | 其个体较大，虽柄部不具刚性，但抗水体流动冲击能力较强，所以其柄部摆动不明显 |

3. 对后生动物的认识

（1）后生动物的特征。后生动物较原生动物高级，其体型和活动能力都远强于原生动物类，显微镜观察 400 倍即可清晰辨认。对后生动物来讲，其口器、消化道等都已具备，因此后生动物多以菌胶团为食。作为活性污泥正常运转状态的表现，后生动物的存在具有指示作用，但其数量不会太多。

（2）后生动物的种类如表 4－4 所示。

**表 4－4　　常见的后生动物**

| 后生动物名称 | 形态 | 形态特点 | 活动特点 |
|---|---|---|---|
| 鞍甲轮虫 | | 其体型如马鞍型盔甲，体型透明，尾部两伪足较长，总体呈圆形 | 活动缓慢，以水流流动作为主要移动方式 |
| 猪吻轮虫 | | 其形状如猪而得名，主要是其外表比较丑陋所致，头部咀嚼器复杂而灵活，体形成长条形 | 活性较好，主要依靠头部桡足煽动水流而移动 |
| 璇轮虫 | | 其体型都比前两种为大，其身体具有较好的收缩性，因其头部伸出可见两璇轮而得名，并且其身体中上部可见透明的咀嚼器，对吞食菌胶团进行消化比较有利 | 活动性较好，主要依靠如下两种方式：① 通过其头部的两璇轮的煽动而在水体内游动；② 通过尾部的支撑和身体的收缩来在菌胶团内移动 |



续表

| 后生动物名称 | 形态 | 形态特点 | 活动特点 |
| --- | --- | --- | --- |
| 线虫 | | 其体型较细，身体部可见食物微粒，体呈细长条型，周身不具纤毛 | 依靠自身身体挪动来达到在水体内的移动目的 |
| 瓢体虫 | | 体型较大，400 倍可明显辨析，除身体内具食物微粒外，其体内的结构也可清晰鉴别，周身具细小稀疏刚毛 | 依靠身体伸缩来达到在菌胶团内移动的目的 |
| 熊虫 | | 体型特大，400 倍可满视野观察到，带足部且头部特征明显，因其体如熊而得名 | 依靠其足部挪动来达到在菌胶团内移动的目的 |

**三、常规原后生动物分类实践依据**

原后生动物分类中前已述及，根据其对活性污泥是否有利可分为非活性污泥类原生动物、中间性活性污泥类原生动物、活性污泥类原生动物这三类。此三类分类方法概括性及理论实践面支持性极高。我们将以此为例，重点通过实践面的经验来推导其在理论上成立的理由。



1. 非活性污泥类分类自实践面推导的理论依据

首先让我们来看一下非活性污泥类生物中的代表生物侧跳虫、滴虫、波豆虫都有哪些共同点。

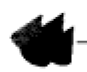
（1）体型特小。这一点在显微镜观察的时候就可见一斑，通常 800 倍以上可观察其形态而得以概要鉴别，当1000 倍放大时才能鉴别，特别是侧跳虫的细部鉴别，在 1000 倍放大的情况下，仍然需要丰富的显微镜观察经验才能隐约观察到其具有特征的两根鞭毛。

（2）具有鞭毛。身体长有 2 根超过身长的鞭毛是其又一鉴别特征，只是其鞭毛所长位置不同而异，而具备鞭毛是非活性污泥类原生动物和中间性活性污泥类原生动物的一个共同特征。

（3）活动快速。此类非活性污泥类生物，其活动速度和频率相当惊人。以侧跳虫为例，几乎没有停止跳动的时候，而滴虫和波豆虫的游动也表现出无规律的快速游动状。

（4）数量惊人。非活性污泥类中的这些细小原生动物，其数量通常惊人，往往观察到后很难详细计数和统计，满视野出现也经常能够观察到。

（5）以游离的细菌为食。这是此类非活性污泥类原生动物又一重要特征，



其体型细小，通过摄食游离的单体细菌为食是其生长繁殖的物质基础。

以上这5个特征是以侧跳虫、波豆虫、滴虫为代表的非活性污泥类原生动物的共同特征。总结一下可以发现，由于其结构简单，在食物源（游离细菌）充足的情况下，其繁殖速度和数量是惊人的。

那么，为什么将这些原生动物归类为非活性污泥类原生动物呢？大家可能也发现了，我们在讲述其特征的时候提到：当活性污泥混合液中存在较多的有利细菌时，此类非活性污泥类原生动物就会大量繁殖。那么我们就可以理解为，当通过显微镜观察发现有大量非活性污泥类原生动物（特指侧跳虫、波豆虫、滴虫类）存在时，即可判断此时的活性污泥混合液内存在有大量的游离细菌。这种反推活性污泥性能的方法在前面也已述及，即不通过直接观察细菌的特性变化来判断活性污泥性能，而是利用原后生动物来间接判断活性污泥的性能。所以，对此类非活性污泥的存在原因分析也是基于这一分析方法而言的。

这里我们就又引申出一个问题了，就是为什么存在游离细菌就说此类原生动物是非活性类呢？这主要是基于如下分析。

（1）活性污泥内出现大量的游离细菌，其直接原因就是此时的活性污泥絮凝性不佳，继而表现出沉降性差。如此，我们就可知道，大凡存在较多游离细菌的时候，污水、废水处理效果和沉降性将不容乐观，自然处理后的放流出水不合格的几率大增。

（2）存在游离细菌不利于系统处理效率和效果的发挥，但是还应该注意，活性污泥混合液中是否存在大量的有利细菌，单靠对活性污泥混合液的简单性状观察是不足的，而非活性污泥类原生动物的是否存在及产生数量却给我们提供了确认的途径，而且此类非活性污泥类原生动物出现的数量越多，在活性污泥混合液中存在的游离细菌就越多，也就是两者是呈正比的。

从活性污泥培菌过程中原生动物的变化中更加能够清楚地证明游离细菌存在与非活性污泥类原生动物的关系。在活性污泥培菌过程中，如果不是通过接种培菌的话，在培菌初期，活性污泥混合液中浓度极低，可以说很少有象样的菌胶团和活性污泥种群。随着培菌的进行，开始出现细菌的不断增殖，但在增殖过程中，总是数量逐渐增加的过程，初期就表现为浓度极低，细菌絮凝力不足，其絮凝机会也相对较少，且容易被水流切力打碎，这样的环境可以为非活性污泥类生物提供特好的增殖条件，所以培菌初期显微镜观察到大量非活性污泥类生物存在是必然的，也是正常的。随着此部分非活性污泥类生物的不断减少，培菌过程才能逐渐转入正规。

（3）就此类非活性污泥类原生动物而言，由于其大量存在也导致了活性污泥性能的恶化，主要原因是大量增殖此类非活性污泥原生动物，在活动的时候加剧了活性污泥的松散程度，促进了活性污泥的分散状态，并使得活性污泥的絮凝和沉降性能转差。



其次，我们再来看看以豆形虫、肾形虫、扭头虫、暗尾丝虫为一类的非活性污泥类原生动物的特点。

（1）体型大小相仿。此类非活性污泥类原生动物，其体型大小相仿，基本是上侧跳虫的20倍左右。在800倍放大视野内可较为清晰的对其进行辨认。除暗尾丝虫具备鞭毛外，其余已看不到鞭毛而转为周身的纤毛，并成为其快速活动的主要工具。

（2）由于此类非活性污泥类生物不具备刚毛，难以在菌胶团内穿梭，所以我们看到更多的是在菌胶团周围游弋。

（3）其食物来源还是游离的细菌，但其活动能力已具备对菌胶团进行干扰，触发在菌胶团上将菌胶团破坏，但出现游离的细菌时，即可作为其主要食物来源。所以，此类非活性污泥类原生动物的存在已不是被动的依靠活性污泥自身的功能不足而产生的过量游离细菌为存在理由了。其可以通过自身活动来满足食物来源，特别是在菌胶团结构不紧密、絮凝性能差的时候，其会大量增殖。

以上这3个特征是以豆形虫、肾形虫、扭头虫、暗尾丝虫为代表的非活性污泥类原生动物的共同特征。我们总结一下可以发现，由于其结构大小已较侧跳虫等为代表的非活性污泥类原生动物高级，所以在观察的准确性方面更易确认，而在其摄食方面也可以看出其与侧跳虫等为代表的非活性污泥类原生动物有了本质的区别。



那么，同样我们又引申出来了，为什么把以豆形虫、肾形虫、扭头虫、暗尾丝虫为代表的这一类非活性污泥类原生动物也定义为非活性污泥类原生动物呢？这里很重要的一个原因，其实和以侧跳虫等为代表的非活性污泥类原生动物一样，也是与活性污泥性能不佳、随之出现大量游离细菌有关。另外我们在实践中又发现其大量存在和活性污泥在溶解氧长期不足或过量的情况下更易发生大量繁殖存在关联，这里所指的溶解氧不足或过量同时包括整个生化池范围内的局部溶解氧不足和过量。

下面就溶解氧异常波动与非活性污泥类原生动物之间的关系作一个概要性分析。

（1）溶解氧过高与活性污泥的关系。溶解氧过高确实容易对活性污泥系统的原生动物种群产生较大影响，当然，短暂的溶解氧过高并不会对活性污泥系统中的原生动物种群造成影响，但是超过1个月以上的这种波动通常是容易发生影响的。

溶解氧过高的影响主要是表现在过高的溶解氧供给，所曝气体通常对活性污泥的扰动是相当大的，这样一来，活性污泥受水流波动更容易解体而不易絮凝。同时，过高的溶解氧摄入，在被活性污泥利用后的溶解氧仍然会有较多的剩余，那么，此部分剩余就会出现过氧化活性污泥的现象，直接后果是活性污泥容易被氧化而解体，这在系统发生故障时尤为明显。



由此我们就可以发现，溶解氧过量发生的曝气过度能够使得活性污泥解体或氧化，那么最后的结果是存在于活性污泥内的游离细菌（解体而来的游离细菌）将增多，在这样的情况下，非活性污泥类原生动物异常增殖所需的基础条件就具备了。

（2）溶解氧过低与活性污泥的关系。溶解氧过低同样能够导致非活性污泥类原生动物的大量增殖，尤其是豆形虫、肾形虫、扭头虫、暗尾丝虫为代表的这一类非活性污泥类原生动物会大量增殖。在生化系统整体因溶解氧过低而出现缺氧状态或局部发生缺氧时，对活性污泥而言同样能够导致活性污泥絮体的解絮，随之而来的结果也就是出现在混合液内的游离细菌将增多。如此，非活性污泥类原生动物就可利用这部分因为缺氧而解絮的活性污泥游离细菌，在允许的范围内得到大量增殖了。那么在了解了以豆形虫、肾形虫、扭头虫、暗尾丝虫为代表的这一类非活性污泥类原生动物会在活性污泥解絮多量增殖，那么其比侧跳虫等为代表的这一类非活性污泥类原生动物占优势生长的环境区别在那里呢？回答这个问题，首先是发现在以侧跳虫等为代表的非活性污泥类原生动物占优势生长时，往往看不到以豆形虫、肾形虫、扭头虫、暗尾丝虫为代表的这一类非活性污泥类原生动物多量增殖，反之也一样。为此就有必要引申出一个实践性的概念，即：以侧跳虫等为代表的这一类非活性污泥类原生动物，其大量繁殖除了有足够的游离细菌外，还必须保证其所在的活性污泥混合液不发生缺氧状态。相反，以豆形虫、肾形虫、扭头虫、暗尾丝虫为代表的这一类非活性污泥类原生动物，其大量繁殖除了要有多量游离的细菌作为食物基础外，其所处的活性污泥混合液还必须要偏缺氧状态。

认识到以上两类主要的非活性污泥类原生动物大量繁殖所需要的活性污泥混合液环境，我们就可以比较简单地通过观察到的非活性污泥类原生动物的优势种群来判断目前活性污泥混合液内出现的游离细菌数量。同时，更可以侧面帮助判断目前活性污泥混合液溶解氧状态，是否存在缺氧或过曝气的现象。

2. 中间性活性污泥类原生动物的分类自实践面推导的理论依据

中间性活性污泥类原生生物中的代表生物有卑怯管叶虫、粗袋鞭虫、漫游虫、斜叶虫、沟内管虫等。对于这类中间性原生动物，我们将主要的共同点总结如下。

（1）体型柔软。体型柔软是中间性活性污泥类原生生物的共同特征，因其身体的可变动性，在穿梭于菌胶团内的时候就显得游刃有余了。这对其捕食游离细菌和破坏菌胶团来摄食是有利的。

（2）大型鞭毛虫和慢速游动性纤毛虫并存。我们仔细看一下会发现中间活性污泥类原生生物中包含了以粗袋鞭虫，沟内管虫为代表的大型鞭毛虫类以及以卑怯管叶虫和漫游虫为代表的慢速游动型纤毛虫类。

（3）不具刚毛。中间性活性污泥类原生动物具纤毛或鞭毛，就是不具刚毛，



所以显微镜观察此也可作为判断依据。由于不具刚毛，其没有在活性污泥菌胶团上的行走能力，只能是穿梭于菌胶团内。

以上 3 点总结，勾勒出了中间性活性污泥原生动物的特征，但是，为何将具备这些特征的活性污泥原生动物定义为中间性活性污泥类原生动物呢？回答这个问题，我们从如下几点进行分析。

（1）从中间性活性污泥原生动物的食物来源。它们能摄食游离的细菌，但也能通过破坏菌胶团来获取游离出来的细菌。那么，就可以发现它们不但具备了非活性污泥类原生动物的直接摄食游离细菌的能力。同时也具备了活性污泥类原生动物那种既能摄食菌胶团又能破坏菌胶团并导致出现游离细菌将其捕食的能力。为此，将这类原生动物定义为中间性原生动物就比较容易理解了。

（2）说此类原生动物是中间性活性污泥类生物，与其占优势繁殖都处在活性污泥的过渡期有关，这里所指的过渡期主要有三种：① 活性污泥由正常状态转变为恶化状态的过程中；② 活性污泥由恶化渐渐好转，在向正常转变的过程中；③ 活性污泥初期培菌阶段。

（3）从活性污泥的功能判断来讲，先有活性污泥恶化时的非活性污泥类原生动物占优势；在活性污泥开始有好转时会出现中间性活性污泥类原生动物占优势。



**3. 活性污泥类原生动物的分类自实践面推导的理论依据**

活性污泥类原生动物的显微镜观察对于指导活性污泥运行实际工况具有重要意义，因其种类众多，且多数原生动物种类具备特殊的指示特征，所以在显微镜观察时尤为需要注意。用显微镜观察活性污泥的功能，重点就是希望能够观察到占优势的原生动物是活性污泥类原生动物。

对于活性污泥类原生动物，我们将其主要的共同点总结如下。

（1）体型大小特征。活性污泥类原生动物的体型明显较非活性污泥类原生动物个体为大。但就活性污泥类原生动物的大小，在不同种类中，其大小也有区别。较小体型的盾纤虫和游仆虫相比，个体差异也在 5 倍以上，而作为相同类型的匍匐爬行类原生动物，个体大小的差异就比非活性污泥类中的滴虫和侧跳虫的大。多数活性污泥类原生动物在显微镜 600 倍放大情况下皆能观察清楚。

（2）体型结构。活性污泥类原生动物的结构外形偏刚性。前面说到的中间性活性污泥原生动物却多数偏柔性身体结构，故可以穿梭于活性污泥菌胶团中，而活性污泥类原生动物由于其体型偏刚性，就无法在菌胶团中穿梭，但其具备刚毛，可以利用刚毛或发达的纤毛来移动或爬行于菌胶团内。

（3）摄食对象。就高级程度来讲，活性污泥类原生动物已较非活性污泥类原生动物和中间性活活性污泥类原生动物高级，所以大多数活性污泥类原生动物已具备明显的口部、食物泡、伸缩泡甚至是低级的消化系统。有这些方面的进步，我们就可以发现活性污泥类原生动物已经可以将菌胶团作为食物来源了，



但是其摄食的菌胶团应该是游离的菌胶团。

（4）活动性。活性污泥类原生动物的活动性较非活性污泥类和中间性类原生动物的活动能力为弱，其对自身有规律性的移动和控制能力较强，可以停留在某一处摄食。同时，活性污泥类原生动物又可以分为游动型、爬行类、附着类这三类。比如，楯纤虫是爬行类，鳞壳虫就是游动型，钟虫是附着类。

以上4点总结，同样可以勾勒出活性污泥类原生动物的特征。但是，为何将具备这些特征的原生动物定义为活性污泥类原生动物呢？回答这个问题，我们从如下几点进行分析。

（1）活性污泥类原生动物大多活动缓慢，不会对菌胶团造成絮凝性的负面影响。如楯纤虫仅在活性污泥菌胶团内爬行，而以钟虫为代表的附着类原生动物也仅仅是附着在菌胶团上，更增强了菌胶团的絮凝性，所以此两类活性污泥类原生动物活动性体现出对活性污泥的优良表现。

（2）活性污泥类原生动物对菌胶团的摄食，从侧面诱导了菌胶团的进一步絮凝，以规避对其的摄食，为此，活性污泥类原生动物的存在更加加剧了活性污泥的絮凝，这和附着类原生动物吸附在菌胶团上辅助菌胶团的进一步絮凝一样，最终结果相同。

（3）附着类原生动物大量增殖，其活动过程中将摄食大量水体中的游离菌胶团，这将大大净化水中的细小活性污泥絮团，使得活性污泥沉降性能优异，上清液也会表现得清澈。



综合以上3点，我们发现当活性污泥内有大量活性污泥类原生动物时，由于促进了菌胶团的絮凝，使得活性污泥性能表现优异。反过来，良好的活性污泥絮凝状况和运行条件也是活性污泥类原生动物所必需的。如此互补的状态就使得活性污泥类原生动物在判断活性污泥性能上具有很高的意义，具备了实际判断特性。

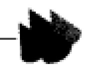
**四、代表性原生动物特性**

活性污泥中原生动物种类繁多，大多具有共性，但也有一部分原生动物的存在具有特殊含义，这和活性污泥原生动物的大项分类相比同样具有很好的指导性意义。

1. 侧跳虫

我们已经知道在本书中是将侧跳虫归入非活性污泥类原生动物中的，对其大量繁殖存在的机理和原因也有了明确的说明。实际操作中，发现侧跳虫的存在通常是大面积的增殖的，也就是说能够在一段时间里观察到侧跳虫的存在，而且通常其数量惊人。这种现象对应的活性污泥系统故障点通常有如下原因。

（1）活性污泥系统负荷过高。活性污泥系统负荷过高（通常污泥负荷在超过0.25时常见）时，导致活性污泥始终处于对数增长期，大量的新生细菌絮凝性较差，游离在水中而成为非活性污泥类生物，是侧跳虫大量繁殖的基础条件。



（2）活性污泥培菌过程中。活性污泥的培菌需要经历细菌因食物（底物浓度）充足，而趋向培菌成熟期方向发展。当经历培菌的过渡阶段（以细菌不受食物源量影响的增殖阶段称其为过渡阶段）时，同样会产生大量非活性污泥类原生动物，而侧跳虫又是典型代表。只是在观察到此类非活性污泥类原生动物大量繁殖时，并不用将其判定为系统恶化或不合格，相反可以将其理解为活性污泥正向正常阶段发展，预示培菌进展顺利。

（3）活性污泥老化。侧跳虫的存在常和高负荷有关，但在实际运行中的显微镜观察却也发现在活性污泥极度老化的情况下，也会发生侧跳虫大量增多的现象。分析原因还是和活性污泥中存在游离细菌有关，只是这部分游离细菌是来自解絮的活性污泥。

总之，活性污泥出现大量侧跳虫的时候，可以断定系统正处于不正常状态了，我们就需要改变操作系统的控制参数来调整系统运行，并经常观察活性污泥中非活性污泥类原生动物的数量，用以判断其具体变化趋势。

2. 表壳虫

表壳虫的形态，前已述及，其形状多为圆形并以不主动移动为特点，在显微镜下观察到少量并不具有特别的含义，但是在一个视野内如可以观察到3个以上，则视为表壳虫异常增多。这时的活性污泥系统运行状况就需要进行检查了。具体对应活性污泥的运行故障如下：



（1）低负荷。表壳虫大量出现的时候，通常表现出的是活性污泥处于低负荷状态，尤其是污泥负荷低于0.05时比较常见。究其原因与表壳虫不进行自主活动有关，因为不具备自主活动的原生动物，其对能量的耗用最小，在低负荷状态下更能够维持其繁殖；同时，低负荷状态下活性污泥容易老化解絮，这为不具自主活动性的表壳虫也提供了摄食的便利。相反，实践中在活性污泥高负荷状态下几乎看不到表壳虫的存在。

（2）活性污泥老化。活性污泥老化的发生对应表壳虫产生的几率很大，同时，表壳虫也常表现出略带棕褐色色泽，这与简单的低负荷状态下增殖的表壳虫色泽透明性相比就有了明显的区别。

以上是表壳虫大量增殖的主要应对表现。主要集中在低负荷和活性污泥老化两点上，这对大家的判断来讲还是不困难的，通过结合食微比值和活性污泥沉降比可以综合判断出活性污泥的准确功能状态了。

3. 豆形虫

豆形虫准确地说是我们最不愿意看到的一类非活性污泥类原生动物，特别是在其大量增殖的场合通常会伴有活性污泥的极度恶化。为此，即使少量出现豆形虫时，也要引起较高的重视，对活性污泥的各控制参数进行确认，及时纠正错误的控制参数。同时，也要对进流废水进行监测，确认是否存在抑制活性污泥增长的情况发生。



具体对应活性污泥的运行故障如下。

（1）进流废水水质异常波动。大凡非活性污泥类原生动物出现大量占优势的增殖都与活性污泥运行不正常有关。豆形虫的大量增殖还与进流水的异常波动有关，主要是水质方面，如化学抑制物质的流入、低进流有机物浓度等。主要机理还是在于豆形虫的最低生命极限要优于其他活性污泥类生物，当其他原生动物被抑制生长的时候，往往豆形虫仍然能够优势生长，相反，在系统稳定的时候，豆形虫受其他原生动物优势生长的排挤，其数量将相当稀少。

（2）活性污泥极度缺氧状态。和第一点解释一样，如果活性污泥处于极度缺氧状态，也可以理解为活性污泥中大多数原生动物生长将受到极度抑制。我们却发现豆形虫耐受低溶解氧状态的能力极强，所以，低溶解氧和极度缺氧状态下，仍然能够看到大量豆形虫的存在。这里，不单是豆形虫，在非活性污泥类原生动物中，扭头虫、暗尾丝虫、肾形虫等都是耐受低溶解氧和极度缺氧状态的优势原生动物。

在这里还需要引申出一个基本概念，就是细菌耐受极度缺氧条件的能力较原生动物要强得多，往往在活性污泥因为缺氧而出现解体前，大部分的原生动物已消失，特别是活性污泥类原生动物消失更为明显，而以豆形虫为代表的非活性污泥类原生动物却可以看到其优势存在。

综合以上两点，豆形虫的存在，常预示着系统处在较差的运行环境中，重点考察的问题就在于溶解氧值和进流废水的水质成分是否存在抑制物质或底物浓度过低。



4. 草履虫

草履虫是我们在中学课本上学到的一种原生动物，其体型特征明显，但在活性污泥显微镜观察中，其与其他原生动物相比是属于个头较大的一类，这与非活性污泥类原生动物体形普遍偏小有关。但是，我们还是将其归类为非活性污泥类原生动物。

其具备指示活性污泥的特征如下。

（1）低溶解氧状态。草履虫的生长环境倾向于低溶解氧状态，我们在野外采样分析水样的时候，往往能在略为发黑的水体中能够观察到较多的草履虫，而发黑的水体往往提示我们溶解氧不足。所以，其大量繁殖必须确认活性污泥系统是否存在溶解氧不足的情况。

（2）低负荷状态。活性污泥处于低负荷状态外加低溶解氧状态的情况下，发生草履虫大量繁殖的情况还是较为常见的。我们在实践中没有发现过高负荷状态下有草履虫占优势的情况存在。

综合以上两点，草履虫我们还是将其作为非活性污泥类原生动物看待的，其占优势繁殖的情况下，往往预示活性污泥处于低溶解氧和低负荷状态。



5. 卑怯管叶虫

卑怯管叶虫作为中间性活性污泥类原生动物的典型代表，具备了很多中间性活性污泥的各种特性，如周身具纤毛、体型柔软、游动速度适中、不具刚毛等等。

作为中间性活性污泥类原生动物，其定义为中间性这个概念，前已详细进行了叙述，但就其具体对应活性污泥的运行状态主要概括如下。

（1）活性污泥处在非最佳运行阶段。中间性活性污泥存在的条件告诉了我们，其存在与活性污泥混合液中有多量游离的细小菌胶团有关，这样的环境是中间性原生动物大量增殖的一个环境条件。当然，如果活性污泥混合液中存在大量细小的活性污泥絮团的话，通常系统是处在一个恶化或开始好转的阶段。所以，活性污泥混合液中存在多量中间性原生动物是一种不好的征兆。

（2）培菌阶段的必然表现。培菌阶段由于要经历细菌的分散到初步具备絮凝性的阶段，所以给中间性活性污泥原生动物的存在提供了条件，在培菌阶段约2周时间内（指非接种培菌）可以观察到中间性活性污泥类原生动物占优势。

综合以上两点，卑怯管叶虫的存在，对活性污泥处于非正常状态的判断是比较准确的，也是判断活性污泥将向好转或恶化状态发展的重要参考，并且，也有利于我们尽早在活性污泥显微镜观察层面发现问题，据此进行必要的分析来排除系统故障。



6. 楯纤虫

楯纤虫是活性污泥类原生动物的第一代表生物，因其体型在活性污泥类原生动物中属于较小的一类，对环境的变化极为敏感，这对我们利用楯纤虫来判断活性污泥的波动方向及健康状态非常有利。

其针对的活性污泥运行状态主要表现在如下方面。

（1）活性污泥运转状态体现。当用显微镜观察到大量楯纤虫存在（一视野四个以上）的时候，活性污泥往往处在较好的运行状态，此时的活性污泥沉降性好、上清液清澈、液面无浮渣、放流出水清澈而不带解絮颗粒。总之，对活性污泥各主要控制参数的确认会发现大多是处于正常控制状态的。

（2）冲击负荷有无体现。冲击负荷，特别是污泥负荷的冲击对楯纤虫的影响较大，通常会出现数量锐减或消失，这主要还是运行环境发生了变化所致。其环境方面的变化主要还是活性污泥受到冲击负荷后混合液中会出现多量游离细菌，而这对活性污泥类原生动物并无益处，相反，会让非活性污泥类原生动物大量繁殖。因此楯纤虫的数量变化对我们判断活性污泥是否受到冲击负荷很有指示作用，当然，我们通过食微比值的确认，结合楯纤虫的观察自然能比较准确的判断活性污泥是否受到负荷冲击。

（3）毒性、惰性物质影响表现。应该说，在一定浓度情况下，惰性或毒性物质流入活性污泥系统都会对原生动物造成或大或小的影响，但是在实践中可



以发现，楯纤虫对毒性和惰性物质的敏感程度特别大，往往在其他原生动物受到抑制前楯纤虫就已经明显减少或消失了，所以将其作为判断活性污泥是否受到惰性和毒性物质的冲击就有了参考依据。

综合以上三点，楯纤虫的活性污泥正常状态指征作用是非常明显和带有可操作性的，主要表现在楯纤虫耐受活性污泥系统参数变化能力较弱，在系统发生不大波动的时候其数量、活性等会产生较大的影响甚至直接消失。

7. 钟虫

钟虫作为活性污泥类原生动物中附着类的典型代表，对活性污泥的运行状态也具有较好的指示作用。这主要体现在附着类原生动物对附着要求和食物源两方面。

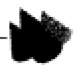
具体钟虫针对的活性污泥运行状态主要表现在如下方面。

（1）活性污泥絮体的絮凝性。活性污泥絮体的絮凝性好坏直接影响着以钟虫为代表的附着类原生动物的生长情况。附着类原生动物生长的必备基础条件是其附着体的存在。我们已经知道，附着类原生动物的附着体是菌胶团，那么，菌胶团的形态好坏直接影响了附着类原生动物在菌胶团上的生长，典型的情况是当菌胶团解絮的时候，附着类原生动物也将无法附着在菌胶团上。特别是菌胶团细小的时候，更不利于附着类原生动物的繁殖。大凡出现细小的菌胶团现象的时候，我们发现其沉降性也很差的，这样的活性污泥运行环境在活性污泥受到负荷冲击或食微比过高的时候较为常见，所以，此时占优势生长的原生动物是非活性污泥类原生动物，而非附着类原生动物。



（2）活性污泥混合液内游离细菌的平衡状态表现。从钟虫为代表的附着类原生动物的形态上可以发现，其头部的纤毛不停的活动，将身体周围的混合液流过其口部，并对混合液内的细小菌胶团进行过滤，过滤截流的细小菌胶团即作为食物而被吞食利用。然而，附着类原生动物对其周围的活性污泥混合液的要求较高。当活性污泥混合液中出现的是游离的细菌而非细小菌胶团的时候，附着类原生动物将不能将其作为食物，最终的结果是附着类原生动物因为食物来源不足而会减少其占优势的数量。所以，当附着类原生动物占优势存在的时候，活性污泥混合液内的游离细菌必定较少，而且存在大量由游离细菌絮凝而成的细小菌胶团。那么，活性污泥的性能决定了游离的细菌能否絮凝成细小的菌胶团。可以明确的是，受冲击负荷影响而大量滋生的游离细菌，由于其活性极高而不易絮凝成细小的菌胶团，只有在活性污泥处于正常状态的时候，新增的细菌才能逐步絮凝成细小菌胶团，而细小菌胶团才能继续絮凝成较大的菌胶团，据此产生的活性污泥我们判定为正常的活性污泥。

（3）毒性、惰性物质的指征。附着类原生动物在其合适的环境中能够很好的生长繁殖，并且达到其占优势生长。附着类原生动物同样对惰性、毒性物质有较大的敏感性。当活性污泥受到毒性、惰性物质的冲击时，初期表现是活动



性减弱或停止活动，钟虫表现为口部纤毛停止煽动，继而体内伸缩泡膨胀，内容物流出体外。这是初期钟虫对毒性、惰性物质的表现，后期则可以发现钟虫数量迅速下降，显微镜观察周期较长的话，可表现为钟虫突然消失。

综合以上三点，钟虫对活性污泥的特别指示作用主要表现在菌胶团的絮凝性能、活性污泥混合液内游离细菌及细小菌胶团的数量、毒性惰性物质流入对附着原生动物的影响表现等方面，这对我们利用显微镜观察原生动物的状态，由此得出活性污泥功能状态有较高的参考价值。

**五、代表性后生动物特征**

后生动物在活性污泥生物相中也有较高的参考价值。其观察识别简便、对活性污泥运行趋势指征明显，所以在实践中的显微镜观察中也是需要特别重视的。后生动物作为一个大类，并没有太多的分类，主要是因为其本身种类并不太多，分类必要性不强，同时后生动物各种个体间代表的活性污泥运行状态大多接近。

1. 后生动物地位

后生动物各器官在形态结构上皆有明显的分化和特征，在其体形较大的基础上，出现了明显的消化器官和咀嚼器官。所以，较原生动物来说，不但个体大得多，而且行动和摄食对象及方式也有了明显的区别。



后生动物在显微镜观察上属于终极部分。因为显微镜观察最大的种群也就后生动物了，再大的节肢动物显微镜观察极不方便，同时指征活性污泥运行状态的意义也变得非常狭小了。

2. 后生动物摄食对象

后生动物摄食的对象是细小的菌胶团，当然这里的细小菌胶团要比原生动物所摄食的那一类要大得多。同时，后生动物还可以通过主动的摄食来剥离菌胶团外围的活性污泥絮团，为此，其就具备了穿梭于菌胶团内的能力了，这方面体形也帮助了它的穿梭移动。有时，我们也能看到后生动物摄食原生动物，特别是摄食非活性污泥类原生动物中的侧跳虫、滴虫等。但是，我们不要误认为后生动物是主动去摄食非活性污泥类原生动物中的侧跳虫、滴虫的，应该理解为是随机性的摄食，因为后生动物摄食的细小菌胶团大小与此类非活性污泥类原生动物中的侧跳虫、滴虫大小相仿。

3. 后生动物摄食方式

后生动物具备了比较发达的咀嚼器和消化器官，为此可以看到原生动物明显的吞噬和消化过程。这种吞噬方式具备了主动性，也保证了其能够摄食菌胶团边缘的絮体或游离的细小菌胶团。

4. 后生动物观察与活性污泥功能性状的关系

后生动物的存在，包括种类和数量面的改变对活性污泥功能性状的判断还是很有指导意义的。我们将其与其他活性污泥控制项目进行综合分析，将有助



于对活性污泥功能判断的总体把握。

（1）与活性污泥老化的关系。后生动物摄食的对象告诉我们，游离菌胶团的数量大小是其能否大量繁殖的关键，而当活性污泥发生老化的时候，就会产生大量的游离细小菌胶团，此时后生动物大量繁殖也就有其所需的条件了。这里需要说明一点，前面讲到的后生动物能够主动摄食菌胶团外围的絮体，但是就摄食选择性来讲，后生动物还是会主动摄食游离的细小菌胶团。那么，我们所看到的后生动物摄食菌胶团外围的絮体说明了什么问题呢？答案是活性污泥混合液中没有充足的游离细小絮体，此时，我们看到的后生动物数量较少，可能多个视野才能观察到一个后生动物。所以，后生动物数量过多和活性污泥处于老化阶段的关系是密切的，这在活性污泥老化初期已可体现出来。

（2）后生动物与活性污泥沉降性关系。实践中发现，大凡后生动物占优势时，活性污泥常处在老化状态，同时也发现，此时的活性污泥沉降性方面表现出的是沉降压缩性特好，但上清液略显混浊、不沉降细小絮团较多。这样的状态正好是后生动物所适合的生长环境。

综合以上两点，我们对后生动物与活性污泥的关系就有了较清楚的把握，其重点就在于后生动物优势生长和活性污泥老化的关系。在结合活性污泥的监测结果进行综合判断的时候，我们再判断活性污泥老化就比较准确；纠正活性污泥老化的时候，在判定调整力度和程度方面也是具有参考意义的。



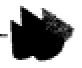
5. 后生动物中种类间的差别

后生动物虽然就其种类进行分类不具备什么实践意义，但是，对部分特殊的种类进行必要的特征说明还是很有必要的，这有助于我们更加深入的了解后生动物对活性污泥系统功能状态的指示作用。

就轮虫而言，我们目前常观察到的是旋轮虫、鞍甲轮虫、猪吻轮虫这三类。在指征代表性方面，旋轮虫对活性污泥功能状态的正面表达较为常见，而鞍甲轮虫和猪吻轮虫则常常表现出活性污泥运行状态的负面影响，特别是猪吻轮虫的负面表现更加突出。通过观察发现，同样数量的旋轮虫和猪吻轮虫，其在活性污泥老化和上清液絮体解絮方面的表现力区别较大，即旋轮虫在活性污泥老化方面的指征是低于猪吻轮虫的。

另一类比较常见的后生动物线虫。其在活性污泥内的数量一般较少，但是，大量出现也和活性污泥老化有关，其表现的通常是活性污泥老化的开始阶段，在活性污泥老化进入加速期时，反而看不到线虫在后生动物中占优势存在的现象。这里，红斑瓢体虫的特性与其相仿。

熊虫等更高级一点的后生动物，我们一般观察到的机会较少，究其原因，还是和这类后生动物对活性污泥的功能环境要求有关。活性污泥中的原生动物和后生动物，总体对活性污泥功能环境的要求是后生动物是高于原生动物，而原生动物中的非活性污泥类原生动物最能耐受恶劣的活性污泥功能运行环境。



活性污泥各工艺操作改变或进水水质变化时，原生、后生动物的综合表现如表 4－5 所示。

表 4－5　　工艺操作或进水水质变化时，原、后生动物的表现

| 运行状态 | 原生动物表现 | 后生动物表现 |
| --- | --- | --- |
| 低污泥负荷运行 | 表壳虫开始出现，每视野大于 2 个；附着类原生动物较正常时略有减少 | 轮虫数量较正常时增加 1 倍，特别是鞍甲轮虫数量 |
| 高污泥负荷运行 | 非活性污泥类原生动物出现，附着类原生动物较正常时减少明显，爬行类原生动物数量也减少明显。相反，表壳虫等低负荷原生动物消失 | 无后生动物出现 |
| 低溶解氧运行 | 非活性污泥类原生动物中的豆形虫、扭头虫等优势出现，附着类原生动物较正常时略有减少，爬行类原生动物数量也减少明显 | 低溶解氧状态下，也能出现后生动物，但多以猪吻轮虫多见 |
| 高溶解氧运行 | 非活性污泥类原生动物出现，附着类原生动物较正常时略有减少，爬行类原生动物数量也略有减少 | 高溶解氧状态下，也能出现后生动物，但多以鞍甲轮虫多见 |
| 有毒物质流入 | 原生动物数量减少明显，特别是楯纤虫最早消失，附着类原生动物消失较为滞后 | 后生动物不耐受有毒物质，消失较快，但其躯体水解需要一定时间 |
| 短污泥龄运行 | 非活性污泥类原生动物出现，附着类原生动物较正常时减少明显，爬行类原生动物数量也减少明显。相反，表壳虫等低负荷原生动物消失 | 偶见后生动物 |
| 长污泥龄运行 | 表壳虫出现较多，每视野大于 2 个；附着类原生动物较正常时略有减少 | 轮虫数量较正常时增加明显 |

注：本表所指每视野是 600 倍显微镜放大后的每视野。



## 第三节　活性污泥显微镜观察结果与其他活性污泥控制参数的综合分析

显微镜观察结果对调整活性污泥的运行工况和指征活性污泥的运行趋势有较好的作用。但是，单独利用显微镜观察的结果来指导活性污泥运行工况的调整或运行趋势的判断，多半是不充分的，还需要结合其他监测指标进行判断。这是综合判断的具体要求体现。

### 一、污泥沉降比与显微镜观察结果的关系

在之前的专门知识点中已经充分强调了活性污泥的沉降比在活性污泥运行工艺管理中的重要性了，熟练运用这一指标是一线运行管理人员必须练好的一



项基本功；同时，在不能很好的利用这一观察检测项目的时候，通过联合分析方法强化判断依据是很有必要的，而活性污泥显微镜观察在某些方面对活性污泥沉降比的辅助参考作用是非常强的，运用好这两者之间的互补和联合分析方法对我们的实践操作来讲非常重要。

1. 活性污泥负荷过高的综合判断

沉降比实验能够很好地判断活性污泥运行状态的好坏，尤其是在判断污泥负荷是否过高和活性污泥老化方面。当活性污泥出现冲击负荷时，可以观察到上清液混浊、沉降污泥界限不明显等特征，此时，同样可以在显微镜观察中发现活性污泥絮团细小并存在大量非活性污泥类原生动物，尤其是侧跳虫、滴虫类细小型非活性污泥类原生动物，结合食微比值是否过高即可准确判断活性污泥是否处于过污泥负荷状态。

2. 活性污泥老化的综合判断

当活性污泥沉降比实验中发现活性污泥压缩性过好、上清液虽清澈但夹杂有未沉降的细小菌胶团时，我们通过显微镜观察可以看到轮虫数量较多，而非活性污泥类原生动物数量几乎没有，结合污泥龄是否过长及食微比是否过低，可以准确地判断活性污泥是否处于老化状态。

3. 活性污泥过曝气的综合判断

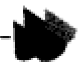
在活性污泥沉降比实验中，如果发现活性污泥絮凝后悬浮于量筒中央而不下沉，出现上下皆是清液而中间是活性污泥的现象，此时的显微镜观察可以发现，非活性污泥类原生动物较易占有优势，而附着类原生动物活性减弱，有的会出现头顶气泡的现象，在菌胶团的观察上却可以发现菌胶团内夹杂有细小的气泡，综合活性污泥混合液的溶解氧状况及活性污泥负荷是否过高可以判断出活性污泥是否发生了严重的过曝气现象。

4. 活性污泥浮渣成因的综合判断

活性污泥液面出现浮渣原因很多，如果与有毒物质流入有关，此时活性污泥沉降比会出现上清液混浊、沉降的活性污泥色泽暗淡。而显微镜观察到的活性污泥中会很难发现原生动物和后生动物的存在，特别是爬行类的活性污泥类原生动物和附着类的活性污泥类原生动物。就有毒物质流入与否的判断，在这里，利用显微镜观察来较早发现和确认就有较大的优势了，所以我们在有毒物质流入方面的判断确认应该充分利用显微镜观察，特别是活性污泥类原生动物中的楯纤虫数量及活性变化。

5. 活性污泥上清液飘泥现象的综合判断

活性污泥沉降后的上清液作为放流排水，其水质状况的好坏除了和活性污泥的处理效率有关外，还与活性污泥的沉降性有关。在活性污泥的沉降实验中如果看到有多量未沉降的活性污泥絮体存在，多半放流出水也会出现类似的情况，显微镜观察的结果与活性污泥老化观察到的结果相仿，也即后生动物数量



明显增加，总体原生动物较正常时偏少。结合食微比偏低、污泥龄偏长这些特征，我们就能够断定这样的活性污泥上清液漂泥现象是由活性污泥老化引起的。

6. 活性污泥混入过量惰性物质的综合判断

活性污泥如果前段物化处理控制不好，会有多量无机物流入后段生化系统，由于排泥过程中很难将其彻底排除，所以会大量积聚在活性污泥内。这些惰性无机物质的存在，对活性污泥的降解效率发挥有比较大的影响，同时也会误导操作人员，以为监测到的 MLSS 值是合理值，而实际其 MLSS 相当低的。

要很好的确认活性污泥内是否存在过量的无机物质，可以通过多种方法进行判断，最后总结判断出正确的结果。首先是通过活性污泥沉降比进行判断，如果活性污泥先期沉降速度明显高于正常运行状态监测到的活性污泥沉降速度，并且最终沉降的活性污泥压缩性过大，其压缩性过大与正常的活性污泥压缩性恰相反，所压缩的活性污泥细密而色淡，这与在正常情况的压缩性佳时表现的色深而呈毛毡样卷曲完全不一样，结合上清液混浊的现象，我们可以怀疑活性污泥是否流入了过量惰性物质。其次是通过显微镜观察进行再确认，显微镜观察的结果往往可以看到活性污泥絮团内存在不具活性的暗黑色颗粒或透明的颗粒，这些多半是物质杂质颗粒，而再观察活性污泥的絮体，我们发现活性污泥絮体比较细小松散，很难观察到较大的活性污泥絮团。最后，结合物化段出水 SS 值和混凝效果等情况，判断活性污泥是否掺入了大量无机颗粒还是比较容易的。



**二、活性污泥 SVI 值与显微镜观察结果的联合分析**

活性污泥 SVI 值在判断活性污泥是否出现膨胀、是否出现高负荷运行和活性污泥老化方面的数字表现方面有比较明显的优势，并且在结合活性污泥显微镜观察对确诊活性污泥是否存在膨胀、老化、过负荷方面同样有较大优势。

1. 活性污泥 SVI 值偏高时结合显微镜观察结果确认系统故障状态

SVI 值在 50～150 之间属于较为健康的活性污泥容积指数，当该指数大大超过其上限时，往往出现了活性污泥膨胀、过负荷、过曝气等现象。通过显微镜观察有助于对活性污泥发生故障的具体原因进行确认。

通过显微镜观察，会发现活性污泥中产生多量丝状菌时，由于其占用活性污泥空间体积较大，加之其弯曲性能较差，活性污泥的压缩性也较差，此时 SVI 值通常较高。而当活性污泥仅仅是由过负荷导致的 SVI 值过高时，SVI 值通常徘徊在 200 左右，此时的显微镜观察结果符合非活性污泥类原生动物占优势的生物相表现。对于过度曝气导致活性污泥无法有效体现出压缩沉淀的效果的，其 SVI 值自然是偏高的，显微镜观察如果能够在菌胶团内发现细小的气泡存在，就认为过曝气是成立的。当然，结合曝气池混合液检测到的溶解氧值也能进行辅助诊断，但是，检测人员如果只是一点监测的话，其检测值的代表性不高。为避免发生错误的判断，我们还是提倡运用诸如显微镜观察等多方法综合判断



为宜。

2. 活性污泥 SVI 值偏低时结合显微镜观察结果确认系统故障状态

SVI 值长期范围内偏低需要考虑活性污泥老化因素，而当在短期内发生 SVI 值偏低的情况，要考虑活性污泥是否大面积死亡及排泥过度等不正常因素。

就活性污泥的老化问题，我们更多的可以在活性污泥显微镜观察中看到轮虫数量较多，活性污泥颗粒粗大、色泽深暗，据此判断活性污泥老化将更有参考价值。而在短期内发生 SVI 值突降的情况，就重点要观察两处，一是放流出水中夹杂的细小活性污泥絮体；另一个就是活性污泥排泥方面。这两个点控制不佳都容易发生 SVI 突降，只是排泥是人为可控可管理的，而活性污泥随放流水漂出的控制较为复杂。通过显微镜观察发现，轮虫占优势数量的情况下容易发现活性污泥因为老化而解体，最终随放流水漂出。当然，有毒物质流入等情况也可导致大量活性污泥解体而出现 SVI 值过低的现象，这在显微镜观察方面也不难确认，主要表现在原生动物数量锐减或消失。认为误操作而导致活性污泥过度排泥导致的 SVI 相对偏低，显微镜观察也能提供一定的证据，典型的就是活性污泥镜检发现絮团细小、色泽偏淡、中间型活性污泥原生动物出现等指征，结合活性污泥沉降比实验可以有效确认误操作的事实。

3. 污泥回流比与显微镜观察结果相结合确认系统故障状态

之前已就回流比在活性污泥系统调整过程中所具备的作用进行了详细说明，但对回流比是否过大和过小的判断，依靠显微镜观察是最有效的。回流比控制过大不但浪费能源，而且对发挥活性污泥的高去除率不利。反过来，回流比控制过小，活性污泥容易诱导而出现老化，并且加重二沉池的沉降负担。

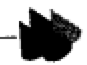


如何通过活性污泥显微镜观察来确认回流比是否过大和过小呢？这还要从回流比变化，活性污泥功能状态随之所发生的变化谈起。

回流比过大，可以发现流经生化系统的速度增加，即活性污泥在生化系统的停留时间被缩短了，这样的运行状态持续久了，除了处理效率的降低，通过显微镜还能发现活性污泥因为有未降解的有机物而表现出相对负荷偏高的现象。此时的生物相中，菌胶团显得细小而色淡，相对的非活性污泥类生物占优势。由于活性污泥混合液中仍然存在较多的未降解有机物，使得活性污泥进入二沉池后仍然表现得较为活跃而不易絮凝沉淀。这样，回流的活性污泥浓度也就偏低了，这样的回流状况也就只能是浪费能源而不是真正的有效回流。

回流比过小，流经生化系统的速度降低，即活性污泥在生化系统的停留时间被延长了。延长活性污泥在曝气池的停留时间也就是延长了污泥龄。如此，出现活性污泥老化也就很正常了，显微镜可以观察到轮虫等后生动物出现较多，而与此相反的非活性污泥类原生动物却很少能看到了。

通过本章对活性污泥显微镜观察的叙述，对活性污泥中原生动物和后生动



物有了一定的了解。但是，我们还是要注意显微镜的生物相观察也只是活性污泥功能综合判断的依据之一，切不可据此来单独判断和修正其他活性污泥运行的工艺参数。就原后生动物对活性污泥有利与显微镜生物相否的分类方法方面，一线操作人员要多加体会和运用，因为分类方法的好坏直接影响着显微镜观察结果对活性污泥功能判断的有效性。







# 第五章 活性污泥法处理功能判断实例

介绍活性污泥法处理功能判断实例的主要目的是让污水、废水处理一线操作及管理人员能够充分了解正常的活性污泥运行状态和异常运行状态的表现，使得运行管理人员能够明确把握活性污泥运行工艺的发展趋势和运行方向。

## 第一节 实例运行概况及基本参数

选取长三角某大型造纸企业的废水处理设施运行概况为例。该造纸企业是国内最大的抄造纸和涂布纸的生产企业，在抄造纸及涂布纸生产过程中会产生大量过滤液、水洗水、涂布废弃原液等，这些废水和工厂的生活用水构成了每日待处理的纸厂污水、废水。

1. 水质水量概况

来自两台抄造纸机的压滤后排水数量约占整个废水量的96%，来自一台涂布机的生产废水量约占整个废水量的4%。整个废水处理场接纳的废水量每天约1.8万$m^3$。

抄造纸过程中排放的废水，其成分主要是纸浆纤维、碳酸钙填料、工业淀粉、有机高分子助剂、增白剂、荧光剂、表面分散剂等；而涂布纸机产生的废水中，主要成分是矿物染料、显色微胶囊等。

通常抄造纸工段排放的废水COD = 1400mg/L左右；SS = 1300mg/L左右；pH值正常时显中性。涂布纸工段排放的废水COD = 10万mg/L左右；SS = 400mg/L左右；pH值正常时显碱性（约12）。

2. 废水储存输送方式

在各生产工段，都设置了能够进行2h事故储水的调节槽，通过输送泵浦将废水输送到2km外的废水处理场。

3. 废水处理场运行工艺介绍

该大型造纸企业的废水处理工艺为典型的物化处理加生化处理工艺。具体流程如下：

集水井→细筛机→调整池→pH值调节池→快混池1→慢混池1→慢混池2→初沉池→生物塔→曝气池→二沉池→快混池3→慢混池4→放流池→放流出水。

从工艺说明中可以看到，来自该纸厂的生产和生活废水首先进入集水井，借以潜水泵将其抽升入细筛机中，通过细筛机进行过滤，将废水中的粗大杂质和纤维颗粒进行筛除，保证进入调整池的废水不至于混杂过多的杂质而影响后



续搅拌器、水泵等的正常运转。

调整池内的废水经过充分搅拌可以避免发生过多沉淀。通过调整池的废水提升泵可以将废水抽升到后续物化阶段进行物化处理。首先进人的是pH值调整池，由于pH值调整在整个废水处理中非常重要，pH值调整失控将直接导致物化段和生化段的运行故障。为此，第一时间的对废水进行pH值修正在这套处理工艺里也体现出来了。快混池的设置缩短了投加的絮凝剂与废水充分混合的时间。后段的两个慢混池的设置为投加助凝剂后废水中形成有效的絮团提供了保证。通过初沉池的沉淀，废水中的大部分无机物被去除了，这对减轻生化系统的压力比较重要。由于抄造纸废水在停机或清洗排水过程中会排放大量纸浆纤维及淀粉，为了进一步减轻对活性污泥系统的冲击，初沉池后段设置了生物塔，借生物塔的强抗冲击负荷能力减少对活性污泥的冲击。生物塔后段就是活性污泥法的生化池了，也称其为曝气池，在曝气池内微生物对废水中的有机物进行降解。在二沉池内，活性污泥进行泥水分离，为了避免活性污泥功能不佳导致大量活性污泥随放流水流出池外，在二沉池后段同样设置了加药和沉降的物化混凝沉淀设施，经过三沉池的上层清液通过放流槽渠就向外排放了。

4. 活性污泥系统正常控制参数

pH值控制：6.8～7.9

DO：2.0～4.5mg/L

F/M：0.05～0.12

$SV_{30}$% =15%～30%

SVI =180

回流比 =80%～120%

污泥龄 =9～11d

MLSS =1400mg/L



以上是该造纸企业的整个原水水质及废水处理设施概况，发现这套废水处理装置整体设计较为合理，对大水量、高浓度废水的应对设计也较为合理，特别是二沉池后段再加设的物化沉淀部分表面上看有点多余，实际运用中，在活性污泥系统发生恶化时是有相当作用的。

## 第二节　运行故障描述

前面已经描述了该大型造纸企业的多项基本废水处理资料，接下来就该系统下的常见运行故障进行描述，以加深读者对实践操作中常见故障的概念理解。

1. pH值的异常

该大型造纸企业，作为典型的工业废水产生企业，在生产过程中会排放大量废水，而在定期保养时，往往需要对设备进行碱洗，大量的设备清洗水此时会呈高碱性废水，通常pH值在13左右。该部分高pH值废水，往往需要废水处理管理人员预先得到情报，并提前准备废酸对高pH值废水进行中和。pH值中和失败将直接影响对该批次废水的有效处理，甚至会影响后续高pH值废水的降解。

2. 进水水量突增

进水水量大大超过平时的日进水量，达到2.6万$m^3/d$以上的时候，废水流经各系统的时间明显缩短，包括物化区和生化区都会出现有漂泥的现象。特别是物化区，在高进流水量的情况下，初沉池出水常呈乳白色，这多与进流水量过大、沉降不及时有关，特别是在高水量伴随高有机物浓度的时候。

3. 调整池出现过量沉淀物

调整池作为调节水量和调匀水质作用的构筑物，通常其容积较大。由于进流废水中含有大量纸浆纤维，在搅拌能力不足的时候，经常会出现大量沉淀。这对调整池而言，其有效容积就被大大占用了。就搅拌方式而言，该大型废水处理场在调整池采用的是表面搅拌机，该搅拌机随液面升降而对调整池废水进行搅拌，保证从调整池抽出的废水是经过充分混合的废水。但是，由于调整池容积较大（达到$5000m^3$），所以搅拌效果不佳，在立方形的调整池四个角落积聚了大量沉淀物。

4. 物化区絮凝效果不佳

该大型造纸企业的物化反应区由pH值调整池、快混池、两个慢混池组成。运行过程中经常会发现絮体的絮凝性能不佳，絮体间的间隙水混浊等现象，其直接结果是影响初沉池的物化沉淀效果。

5. 初沉池运行故障

初沉池的运行故障经常表现在出水的混浊和底泥上浮问题上，这些故障和物化区的混凝效果不佳及初沉池的排泥效果不佳有关联。另外，初沉池的刮泥机如果积泥太多也将停止运转，此时对生产的影响就显得比较大了。

6. 生物滤池的常见运行过程中的故障

生物滤池的故障，主要表现在生物膜剥落流入活性污泥系统对活性污泥生物相的影响，因为寄生在生物膜上的微生物中，丝状菌比较容易占优势，如果剥落后流入生化系统中，容易诱导生化系统爆发丝状菌膨胀。

另外，生物膜过厚的话，承重的滤料变形会比较严重，局部发生塌陷的话常会加重整体塌陷的发生和局部过流负荷。

生物塔顶部一般为敞开式。受阳光直接照射的原因，其生物膜在顶部会较多地滋生藻类，其结果就是影响了生物膜顶部范围的有机物去除效果，排放的生物塔处理水就显得混浊和不透明。

生物膜除了会产生藻类等而影响处理效果外，另一种常见的故障是生物膜颜色呈现白色，而非正常的棕黄色。这种白色的生物膜对废水中有机物的去除率较正常生物膜略有下降。

通过显微镜对生物膜的观察，发现生物膜基层絮团是否紧密决定了其应对进流废水的抗冲击能力。生物膜的生物相中，原生动物主要以爬行类原生动物为主，如尾棘虫、榴弹虫等；另外也能观察到豆形虫和肾形虫等非活性污泥类



原生动物，主要是体型较大的非活性污泥类原生动物，而非侧跳虫类鞭毛虫。

非活性污泥类原生动物在生物膜内的出现与活性污泥法中出现的非活性污泥类原生动物，其代表的意义并不一样。活性污泥法中大多代表活性污泥系统受到了冲击负荷，而在生物塔的生物膜内出现非活性污泥类原生动物的主要原因是生物膜的表面与空气接触，属于好氧层，而在生物膜中部就是缺氧层，到生物膜和滤料的附着部位时，就出现了厌氧层了。所以生物膜内出现的非活性污泥类原生动物大多是能在缺氧环境中生长的种类。

7. 曝气池常见运行中的故障

作为整个废水处理场的核心和难调控部位，活性污泥法部分的维护就显得至关重要，实际运行中经常出现的运行问题如下所述。

（1）液面浮渣的产生。由于该大型造纸厂的废水成分比较单一，活性污泥中生物相结构比较单一，运行调控稍有不慎即爆发丝状菌膨胀，丝状菌膨胀会导致活性污泥系统中液面浮渣大量产生。由于并非厌氧导致的活性污泥上浮，所以曝气池液面浮渣颜色仍和活性污泥色泽接近，显微镜观察的结果可见浮渣内原生动物和活性污泥内的原生动物区别并不是很大。

在曝气池内并不会出现厌氧状态，所以，不会有成团的厌氧污泥上浮，即使局部死角有厌氧污泥浮起，也会因为曝气的原因而被打碎。

（2）活性污泥的土腥味。正常运转状态的情况下，人们走在生化池上能够闻到清新的活性性污泥土腥味，这是活性污泥代谢过程中释放的气态反应物，夹杂在曝气溢流气体内所致。通常在活性污泥发生故障时活性污泥的土腥味会减弱。而当生化池内 pH 值异常时，能够闻到酸味或碱味。



（3）曝气池泡沫问题。曝气池泡沫产生原因很多，通常看到大量爆发的多是白色的泡沫，持久而量少的泡沫通常是棕灰色的，并且也会夹杂一些细小的活性污泥絮体。大量泡沫产生会影响曝气效率，也会导致活性污泥处理效率降低。

8. 二沉池常见运行中的故障

二沉池作为活性污泥系统中泥水分离的场所，其运行好坏关系到活性污泥系统的整体效果，同时，其运行过程中也存在很多有其自身特点的表现，实际运行中经常出现的问题如下。

（1）液面浮渣的产生。和曝气池产生的液面浮渣一样，在曝气池产生的液面浮渣也会流入二沉池，不断积聚会使得液面浮渣越来越厚。最后，液面浮渣会不断的流出二沉池而影响出水水质。和曝气池的液面浮渣不同，二沉池会因为缺氧导致液面浮渣底部及中部发生厌氧，所以人们看到的二沉池浮渣就更容易发黑和腐败了。

（2）二沉漂泥。二沉池的巡检中，有时会发现出水中夹杂有细小的污泥颗粒随溢流水流出二沉池，这就是常说的二沉池漂泥现象。在日常巡检中会发现

漂泥大概有两种，一种是漂泥时二沉池出水时混浊的；另一种是漂泥间的颗粒间隙水是清澈的，只是夹杂有比重较轻的活性污泥絮体颗粒而已。

（3）流入二沉池的活性污泥呈集团样扬起。二沉池出现活性污泥集团扬起大多在是发生在二沉池的进流区附近，整体的扬起在二沉池表面负荷较高时表现得尤为突出。在活性污泥沉降性不是太好的情况下，持续的活性污泥集团上扬，活性污泥很有可能直接流出二沉池，这对整个系统是致命的，通常会导致放流出水 COD 严重超标的现象发生。

9. 三沉池运行波动表现

三沉池对该大型造纸企业的废水处理场而言，主要还是为了巩固放流出水，通常看到的是清澈的入流水和放流水。由于三沉池和二沉池一样都是 $6000m^3$，所以在沉淀时间上，由于三沉池的存在，二沉池的停留时间几乎延长了一倍，从而因为沉降原因导致放流出水超标的情况在该废水处理场很少见，因为三沉池的存在大大延长了二沉池的停留时间，使得活性污泥有足够的停留时间来应对沉降性不佳的活性污泥。

三沉池故障很少，如果处理水优良，看到三沉池 4.5m 以下的刮泥板是没问题的。如果有故障的话，通常无法看到刮泥板。由于处理水优良，在三沉池出水堰上常常会有大量青苔滋生。

以上是该大型造纸企业的废水处理场各构筑物常见的运行异常点，一线操作管理人员经常会遇到这些运行异常点，如何去处理和克服它是需要重点讨论的。



## 第三节　故障及故障原因汇总分析

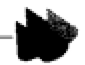
如前所述的是常见系统各构筑物的运行异常点，对运行异常点汇总分析是需要重点解决和掌握的，这对我们系统判断能力的提高大有帮助。下面就对整个系统中常见故障进行详细的原因分析，以帮助一线操作管理人员提高对系统故障的认识。

1. pH 值的异常波动成因

pH 值的异常波动主要与生产现场排放的酸碱类物质有关。以该大型造纸企业来说，酸碱废水主要来自对设备的定期清洗。

2. 进水水量、水质异常分析

进水水量通常保持恒定，但是如果发生事故排水，生产线为了清洗槽体、设备等也会产生大量水洗水，如果是事故还会废弃大量原料和化学品，这样的废水流入废水处理场，往往会对系统造成比较大的冲击，这也是初沉池、生化池出水 COD 含量偏高的原因。由于废水中混入的原材料大多是纤维和直链淀粉，特别是直链淀粉分子量较大，物化沉淀性也不好，加之混杂的分散剂也影响了



物化处理段 PAC 和 PAM 的混凝效果。这些都是进流废水水量和水质对系统的影响。

3. 调整池的过量沉淀物影响分析

调整池的过量沉淀物来自日常进水中未过滤的碳酸钙颗粒和纸浆纤维。由于调整池搅拌装置居中，其搅拌的离心力使得大量沉淀物积聚到调整池的四个角落，这是造成调整池大量积泥的主要原因。由于在调整池内并没有设置专门曝气装置，结果是沉淀的污泥在厌氧状态下进行水解酸化反应。这就无意中对进流废水进行了一次预处理，即通过调整池积泥的水解酸化反应，大分子的纸浆纤维及直链淀粉被水解酸为小分子易降解的有机物，其对有机物降解率约为10%。通过进入调整池的废水 pH 值与排出调整池的废水 pH 值的对比会发现，流出调整池的 pH 值要比进入调整池的废水 pH 值低 0.5 ~ 1.0 左右。这是调整池内由于积泥发生水解酸化反应的一个有力证明，也可通过这个 pH 值差值来了解具体的水解酸化反应的程度。非常典型的是，这个差值在夏天明显高于冬天。温度对水解酸化反应的影响可见一斑。

4. 物化区絮凝效果不佳原因的分析

物化区絮凝效果不佳与多种因素有关，主要包括进流废水分散剂含量过多、絮凝剂和混凝剂投加量不是最佳投加范围、pH 值的影响、快慢混搅拌的问题、负荷流量关系、废水中悬浮颗粒含量、不易絮凝物质含量过多等。就以上影响因素，下面将进行详细的故障分析。



（1）分散剂的影响。该大型造纸企业为了使纸浆在纸机毛毯上分布均匀而不结块，投加了分散剂。分散剂和絮凝剂是作用相反的两种化学药品。经过纸机压滤后的白水内富含分散剂，经过废弃排水，此部分富含分散剂的废水将进入废水处理场，由此就对投加絮凝剂进行物化沉淀的加药区构成了影响。典型的就是投加了絮凝剂和混凝剂后，悬浮颗粒絮体不能够絮凝成粗大的胶羽，人们所看到的就是细小而不易絮凝的悬浮颗粒，这类细小颗粒受水流扰动性高，在初沉池内的沉降性并不理想，在高负荷情况下容易流出初沉池而对后续生化系统造成影响。

（2）絮凝剂和混凝剂投加量不是最佳投加范围。絮凝剂和混凝剂的投加量及两者的投加比例非常关键，这是提高絮体沉降效果、降低絮凝剂和混凝剂使用量的核心。当混凝剂 PAC 投加不足时，一级慢混池出现的是不能形成初步的细小而间隙水清澈的混合液，尤其间隙水的清澈度是现场确认投加 PAC 等絮凝剂是否符合用量的关键。相反，投加过多的混凝剂和助凝剂同样不能取得最佳的絮凝效果。过量的投加混凝剂和絮凝剂，其混合液内形成的胶羽是比较粗大的，但同样的问题是，粗大胶羽间的间隙水并不会因为投加过量的药剂而变得清澈。主要还是投加过量药剂后虽然形成了粗大的胶羽，但是胶羽非常容易折断。在慢混池的水力搅拌作用下，折断后的胶羽再絮凝性能较差，这种情况下



被折断的胶羽就形成了间隙水内混浊的颗粒物质了。

在整个物化投药区的组成上，可以看到在快混池前面有 pH 值调整池，pH 值调整后的废水投加混凝剂和助凝剂才能发挥最佳效果。快混池中投加 PAC 或同类絮凝剂后，快速搅拌并不会影响絮凝效果，相反可以使投加的絮凝剂快速混合到整个废水中，为在慢混池内形成第一阶段的胶羽打好基础。慢混池的慢速搅拌目的也就在于能够让形成的胶羽进一步絮凝增大，并保证水流切力不破坏形成的胶羽。该废水处理场投加的助凝剂是 PAM（聚丙烯酰胺），按照设计投加点是在第一慢混池，此时，第二慢混池的存在也就为絮体在投药作用下继续增大提供混凝场所。

5. 初沉池运行故障原因分析

初沉池的运行故障主要集中在其为投药后的废水进行物化絮凝后的泥水分离提供场所上，如果泥水分离效果不佳，势必影响后续的生化处理系统正常的处理效果。初沉池的泥水分离效果不佳，除了建造设计时可能会遗留下问题，更多的是物化投药区所投加的混凝剂和助凝剂不合理所致。投药不足导致的絮体絮凝不充分和投药过量导致絮体过大而折断在初沉池的泥水分离中所造成的结果是一致的。当初沉池的停留时间能够满足絮体完全沉降所需要的沉降时间时，看到的是初沉池出水清澈而不夹杂未沉降颗粒，相反则容易导致絮凝颗粒流出初沉池，继而对后续生化系统造成影响。



初沉池的排泥故障，大多是由排泥设备发生了故障所致，如排泥泵故障、排泥不及时、进流废水含有大量悬浮颗粒而未加大排泥量等是主要原因。在观察初沉池是否积泥过多时，重点是观察刮泥机是否行走顺畅，如果发现刮泥机行走抖动或打滑的时候，就要重点确认是否存在初沉池积泥过多的问题。

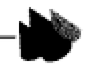
6. 生物滤池的常见运行过程中的故障分析

生物滤池运行过程中故障主要来自进水波动对已形成生物膜的影响。如果生物滤池运行效果不能充分发挥，会对后续活性污泥法系统冲击较大。生物滤池的常见故障原因分析如下。

（1）pH 值异常导致生物滤池故障的原因。生物膜同活性污泥一样，在耐受 pH 值异常波动方面虽比活性污泥法要强，但受到异常 pH 值废水冲击后其损害也很大。由于生物膜表面微生物受到冲击后会死亡剥落，随即内部的微生物也会受到冲击而剥落，最终使整个生物膜发生剥落。剥落的生物膜极易堵塞生物滤池的滤料间隙，使得水流不畅而发生溢流。

生物膜因受到 pH 值的冲击发生剥落后需要一定的自动修复时间，通常在消除 pH 值异常波动的影响后，需要 1 周左右的时间来恢复。

（2）生物膜生长不良。典型的生物膜生长不良主要是生物膜生长过厚或过薄。另外，较为常见的就是生物膜生长厚薄不均匀。除了和生物滤池进水中有机物含量有关外，还与进水中营养剂是否充足有关。



进水中有机物过低，生物膜就偏薄；而当进水有机物含量过高时，生物膜增长旺盛，普遍在滤料上生长有过厚的生物膜。在实际运行中发现生物膜过厚，其对有机物的去除率并不一定比生物膜薄的高，其原因在于，生物膜对废水中有机物的去除效率与生物膜与废水的有效接触面积有关，而与膜厚无关。

对于废水中营养剂的不足，可以和活性污泥法运行中对营养剂的需求一样来理解。为此，在生物滤池进水前段就需要投加营养剂了。由于营养剂的投加量需要考虑到生物滤池和活性污泥法中微生物对营养剂的需求，投加营养剂的有机物含有量值的选取应该是比较重要的。该大型造纸企业的废水处理场中，生物塔前投加营养剂的量，其计算所需进水有机物的值是取自初沉池出水中的有机物含量。这样的计算方式势必导致生物滤池有未用完的营养剂，此部分营养剂将流到活性污泥系统中被再利用。表面上看，这样的营养剂投加并没有问题，但是，实际情况中发现，由于生物滤池有过多的营养剂存在，加之生物滤池不设池顶，所以，在生物滤池滤料表面会滋生大量的藻类。由此也会降低生物滤池的处理效率，通常会降低10%的去除效率，其原因在于滋生的藻类并不具备降解废水中有机物的能力，其只需要营养剂及阳光作为生长繁殖所需的能量。

就生物膜颜色出现乳白色的异变，对其认识并不是太充分，结合进水水质与系统运行概况，基本认为与生物膜发生丝状菌体膨胀有关。显微镜观察可以发现在乳白色菌胶团是由大量丝状菌体组成的。在丝状菌体周围几乎没有原生动物存在，这在生物相观察分析中也是可以理解的，因为丝状菌体不象菌胶团那样可以供给原生动物以食物，如游离的细菌及细小菌胶团等。由于丝状菌体也有对水体的净化能力，因此我们可以看到，丝状菌体在生物膜中大量繁殖时，整个生物滤池对废水有机物的去除率并不是明显降低的，而是略微降低而已，通常较正常的生物膜对有机物的去除率低10%左右。就此类丝状菌显微镜观察形态来看，有与活性污泥法发生丝状菌膨胀所表现的特征相似的丝状菌，即体型细长、刚硬、不易弯曲的；也有体型柔软的，是生物膜特有的丝状菌体。总之，丝状菌体的大量繁殖势必在生物滤池的生物膜上表现出乳白色散落菌团，与菌胶团附着在滤料上依靠厌氧层的吸附在滤料上的功能不同，乳白色丝状菌体主要依靠菌体表面细密的整体来抗击废水冲击而保留在滤料上不脱落。

虽然生物膜产生乳白色菌体后，对废水有机物的降解能力不会显著降低，但我们会发现，此类丝状菌体非常容易导致后续的活性污泥系统中爆发丝状菌膨胀。主要原因是日常的运行中，会有一定量的此类白色生物膜剥落而流到后续的曝气池中。开始阶段因为环境的不适应，丝状菌体从生物膜的环境中转变到曝气池中，很难有效存活，所以不会在曝气池中形成爆发。但是时间长了，剥落流入到曝气池中的此类丝状菌体终归会有部分能够适应新的环境，从而在曝气池内形成优势种群而影响活性污泥系统的整个运行质量。

7. 曝气池运行中常见的故障原因分析

（1）曝气池液面浮渣产生原因。我们在分析曝气池液面浮渣的时候，应该在一个基本原因上得到认识，就是说产生的浮渣一定是因为其比重比曝气池混合液低才浮于液面。于是在判断曝气池为什么会出现浮渣的原因上就可以从这个方面入手了。就实践运行面观察来讲，主要还是浮渣中混杂了气泡的原因。而气泡作为浮渣产生的动因来讲，仅仅是让浮渣浮起的原因，就气泡为什么能够托起浮渣来的原因是要确认的根本原因。

可以认为，气泡的产生，由于曝气的存在是不可避免的。所以，主要问题是在活性污泥是否具备吸附和包裹气泡的能力。如果具备这样的能力，吸附气泡后的菌胶团自然就会浮在液面上了，这是我们认识曝气池液面浮渣的原因。

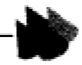
活性污泥具备吸附气泡的能力主要是由活性污泥自身决定的。其自身的粘肽物质分泌过多，活性污泥的黏性将大幅上升，这样对细小气泡的吸附能力也将增强。

回过头来再就气泡产生的原因加以分析。前已述及曝气可以产生多量细小气泡而被带有黏性的活性污泥吸附，最终导致浮渣产生。另外，产生气泡的原因是活性污泥分解有机物时所释放的气泡，包含二氧化碳和氢气等，此类气泡实践中更易导致带黏性的活性污泥发生吸附后的浮渣产生。同理，如果活性污泥因为碳氮比失衡而导致反硝化，同样会产生气泡导致的浮渣。



鉴别液面浮渣是由何种性质的气泡导致的，对于运行管理中如何调整工艺是非常重要的。在这里常用的鉴别方法是活性污泥沉降比。在观察完活性污泥沉降比后，再观察量筒内的液面浮渣时，可以清楚的看到液面浮渣内有气泡存在，这时看到的气泡是来自曝气过程中的，而我们无法通过肉眼在液面浮渣内观察到气泡存在，但如果在显微镜观察时可以发现的话，就可以认为这些气泡是来自活性污泥自身分解有机物时所产生的。这里的区别就是气泡的大小方面进行对比的指征。另一方面的对比是对液面浮渣进行快速小幅度搅动，如果液面浮渣在搅动后再次下沉，可以认为此时液面浮渣内的气泡是来自活性污泥自身分解有机物时所产生的，或是活性污泥发生反硝化时产生的。而当对液面浮渣进行搅拌后仍然看不到明显的浮渣下沉时，多数情况下认为此时的液面浮渣内所包裹的气泡是来自对活性污泥进行曝气时所产生的气泡。这是通过对液面浮渣搅动后出现的现象进行液面浮渣内气泡产生源头的判断。

（2）活性污泥的土腥味产生的原因。在生化池巡检的时候，能够闻到很明显的土腥味，这主要是活性污泥在分解有机物及自身繁殖代谢过程中产生的特有的味道。活性污泥中除了活的菌体外，也有死亡的菌体，所组成的活性污泥也就具备了污泥的特性。受曝气的影响，活性污泥内各种气味也就被曝气而抽取出来了，这是人们在曝气池周边巡检时闻到土腥味的主要原因。在这里对活性污泥产生土腥味并不持否定态度，相反需要这样的土腥味来确认活性污泥的



正常功能，而当在生化池上闻不到土腥味或闻到了其他的味道，那么活性污泥系统就产生问题了，需要进行深入的确认。

活性污泥土腥味的剧烈程度与气温、活性污泥反应程度有关。在夏季，生化池上的土腥味受气温较高的影响而挥发加剧，这是在夏季更易闻到土腥味的原因；在冬季则相反。同时，活性污泥的土腥味还与生化系统的反应剧烈程度有关，当控制过高的活性污泥浓度时，生化反应也加剧，同样能够闻到较强烈的土腥味。

实践中发现，土腥味的浓烈与否可以判断出活性污泥系统是否处在较好的运行状态，大凡在活性污泥负荷过高阶段和活性污泥处于老化阶段时，人们都很难闻到浓烈的活性污泥土腥味。这一点对于综合判断活性污泥运行工况方面很有帮助。

除了在生化池闻到活性污泥的土腥味外，还能闻到一些其他的气味，特别是酸味或碱味。究其原因主要还是有过高或过低的 pH 值废水流入到了生化系统中，导致生化系统中整体的活性污泥混合液 pH 值发生异常波动。这样的情况下，人们就很容易在生化系统周围闻到酸味或碱味，这时对生化系统的调整就非常有必要，否则可能对生化系统造成不必要的影响。

（3）曝气池泡沫问题。曝气池的泡沫问题产生原因多样，分析也较为复杂，但就实践的规律性方面来讲还是有规律可循的，主要可从如下方面进行分析探讨。



1）曝气池的浮渣在某种程度上是由泡沫演变而来的。通过泡沫的不断积聚，浮渣将变得越来越厚，随后的问题就是浮渣内部出现厌氧、发黑。解体的浮渣消散和新增的浮渣产生，相互的进程决定了浮渣层的最终厚度，而溶解消散的浮渣却成为二沉池出水混浊的主要原因，也是出水有机物检测值升高的原因。通过以上的分析，我们对生化池泡沫的产生应该引起高度重视，避免对生化池液面浮渣的形成造成助推作用。

2）前已述及曝气池出现浮渣与活性污泥黏度过高有关，那么，同样可以发现泡沫的产生和活性污泥黏度有关。

3）生化池液面所产生的泡沫色泽上也能给人们很多提示。当出现棕褐色泡沫的时候，结合泡沫的易碎性及泡沫的堆积速率可以判断是否为活性污泥老化所致的泡沫。前面的知识点介绍可以通过多个方面来确认活性污泥是否发生老化，如活性污泥沉降比、SVI 值、F/M 值、污泥龄等，这里我们又要揭示一个知识点，就是大凡活性污泥发生严重的老化问题时，生化池液面都会产生棕褐色泡沫，其泡沫特征除具棕褐色外，易破碎、易堆积成浮渣、黏度偏低等也为其主要特征。

除了常见的棕褐色泡沫外，另一种常见的泡沫是白色泡沫。白色泡沫除了具备白色的特征外，黏度高、易堆积但不会产生浮渣等亦为其主要鉴别特征。

这类泡沫的产生通常可以给我们比较明显的对应活性污泥系统的故障指征。这里需要揭示的又一个非常具有实践意义的指征，即此类白色泡沫的产生与活性污泥系统受到突然的高冲击负荷有关。究其机理来说，可以认为高有机物浓度的废水在有充足曝气的情况下，同样能够出现较高堆积能力的泡沫，就像放流池在有水跃的地方通常会堆积多量的泡沫一样。那么可以想象一下，放流水有机物浓度（以 COD 为例）通常不会超过 100mg/L，其能够在水跃作用的情况下堆积较多的泡沫，而在进入生化池的废水中有机物含有量（以 COD 为例）通常高于 500mg/L，此类带高负荷冲击性的废水进入生化池后，在曝气作用下是很容易出现泡沫堆积的。所以，总结的结果是活性污泥在受到大水量高负荷的进流废水冲击的时候，可以产生多量的白色带黏性的泡沫，且泡沫表面不带棕褐色活性污泥浮渣（不带棕褐色浮渣的理解是：活性污泥受到高负荷冲击就不会处在老化阶段，自然不会有解体的活性污泥附着在白色黏稠的泡沫上，相反，受到冲击的活性污泥其微生物都处在对数增长状态，活性极高，更不会有游离的菌胶团出现而被粘附在白色黏稠泡沫表面了）。

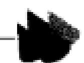
4）对于上一点充分阐述的污泥老化和冲击负荷导致的泡沫问题，还需要和一些特殊情况加以区别。主要需要进行区别的是洗涤剂流入产生的泡沫、活性污泥中毒解体后产生的泡沫这两类特殊情况。

洗涤剂流入生化系统，我们可以看到的是白色的泡沫，并具有黏性，但是其黏性强度不如负荷过高时产生的白色泡沫强。另外，由于洗涤剂、表面分散剂导致的泡沫在阳光下会略带彩色，这是由于此类洗涤剂和表面分散剂、表面活性剂大多来自石油而具备了油类成分，故在阳光照射下泡沫会出现有彩色的反光。为了进一步鉴别是否是洗涤剂或表面分散剂、表面活性剂导致的泡沫，可以在生化池前段的物化区进行确认，重点是观察初沉池的出水堰堰口处是否有泡沫产生。通常由于高负荷原因，在废水中有机物过高的情况下，只要水跃不太明显，一般也不会积聚泡沫。但是，洗涤剂和表面分散剂、表面活性剂等导致的泡沫在很小的水跃作用下就会产生较多的泡沫，有时在物化加药区的搅拌机中轴位置也会有泡沫产生，这是和废水中由于富含有机物而导致的泡沫的不同之处。

活性污泥中毒产生的泡沫与活性污泥老化产生的泡沫可以从色泽上来区别。发生中毒后的活性污泥解体迅速，也容易被曝气推动而浮于水面成为泡沫，但泡沫色泽晦暗，灰色占多数，而不像活性污泥老化出现的泡沫那样仍带有鲜活感的活性污泥粘在泡沫上。当然，辅助诊断的最好方法是结合显微镜进行原生动物观察，这样确认就比较方便了。

8. 二沉池运行中常见的故障原因分析

二沉池的故障多半是曝气池运行不良引起的，因为曝气池和二沉池联系紧密，二沉池作为生化系统中活性污泥的泥水分离场所，其运行好坏直接关系到



活性污泥泥水分离后放流出水的质量。为此就常见故障的原因还是有必要分析一下的。

（1）二沉池液面浮渣。二沉池本身很少产生浮渣，其主要来自曝气池。因为曝气池产生浮渣后容易进入二沉池，并在二沉池浮出水面，而二沉池不具备混合作用，从而更容易导致浮渣产生。

当然，相比曝气池，二沉池更容易出现活性污泥的反硝化，最终导致大量活性污泥上浮而形成液面浮渣，原因就是反硝化需要相对的缺氧和厌氧条件，而曝气池中却不会有厌氧条件发生。这是二沉池容易发生活性污泥反硝化的原因，特别是在曝气池出口溶解氧过低合并碳氮比严重失衡时。

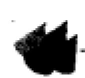
（2）二沉池出水有漂泥现象。漂泥的产生主要和活性污泥老化有关，因为老化的活性污泥解体后会有细小的絮体悬浮在水体中，并在未来得及沉降的情况下流出二沉池而成为二沉池的漂泥。当然，很多情况下漂泥是多种因素的结果，如水力负荷过大，混合液内的活性污泥絮团来不及在正常情况下沉淀就流出池外。

（3）二沉池活性污泥絮团的集团上扬。当我们在二沉池巡检的时候，通常会看看二沉池进水口近端的水体状况，因为那里是二沉池沉降好坏最早会出现征兆的地方。如果发现进水口端有大量活性污泥集团上扬，通常问题比较严重。这些集团上扬的活性污泥絮团如果来不及最终在二沉池沉淀的话势必流出二沉池，那样的话对整个活性污泥系统来讲是致命的，因为集团上扬一旦流出二沉池，曝气池内的微生物数量就会急剧减少，这样曝气池恢复需要较长时间，同时放流出水也绝对会发生超标现象。那么是什么原因导致活性污泥絮团在二沉池会发生集团上扬呢？在实践中发现出现此类情况与活性污泥发生丝状菌膨胀关系密切，这也是我们为什么对丝状菌膨胀感到非常头疼的原因。所以在活性污泥发生丝状菌膨胀后，如果再遇到水力负荷冲击的话，出现活性污泥絮团集团上扬是非常有可能的。

（4）二沉池出水堰口滋生过量青苔。这个问题前也有述及，主要还是二沉池出水中营养剂含量过高，导致藻类在有光线的场合能够大量滋生。结合二沉池出水中营养剂的检测，能够发现是否是因为有过多剩余的营养剂导致的藻类滋生。

9. 三沉池运行故障分析

在该大型造纸企业，三沉池一般不会有太多故障，因为它担负的是为二沉池的沉降提供再次保证。但问题出的更多的是三沉池前段的物化反应区，一些操作人员很容易在这个部位发生失误。在这个区域的物化反应段进行操作时，主要目的是强化二沉出水中夹带的微沉降颗粒，通过投药，使其在三沉池得到更好的去除。但是投药却经常发生问题，因为所投药剂与初沉池前物化段完全一样。这样问题就出现了，因为初沉池前物化段的投药针对的废水中悬浮物质





大多和黏土颗粒接近，都带负电荷，所以在初沉池前段的物化加药区投加 PAC 后所形成的颗粒是细小的，只有再投加助凝剂 PAM（阴性）后絮体才会变得粗大。

究其原因是 PAC 作为絮体形成的骨架，通过 PAC 的絮凝作用将废水中的颗粒物质进行絮凝，在 PAC 的聚合基团上就能吸附大量带负电的胶体颗粒或类似黏土性质的颗粒。但是，PAC 的缺点是不能在已形成的絮团上继续吸附别的絮团而再次增大絮团体积，所以看到投加 PAC 后所形成的絮体大多细小，这种情况下判断投加 PAC 是否合适就看整体的混合液中在形成的絮体间是否有清晰的水痕，也就是颗粒间是否有清晰的间隙水带存在，这样的观察对判断投加 PAC 后的效价评价是很有帮助的。

投加 PAC 后再投加 PAM 来提高对混凝絮团的增大作用，我们也有理论面的支持。PAM 是有机高分子助凝剂，分子量巨大，水解后形成的絮凝单体数量众多，吸附和捕捉水体中颗粒物质的能力强大，通常和 PAC 配合使用的阴性 PAM，即 PAM 电离水解后的单体（带负电荷）。前面已经指出，经过 PAC 带正电荷的集团吸附后，一个 PAC 链上所囊括的基团上几乎都会吸附满带负电荷的类似黏土颗粒的物质，而投加带强负电荷的 PAM 后，以 PAM 为核心的骨架可以吸附大量的 PAC 链团，当一个 PAM 核心基团吸附多量 PAC 链团后，我们就可以看到很大的絮团颗粒了。这里我们就清楚的看到了带负电荷的水体中的颗粒物质被投加的带正电荷的 PAC 吸附成为长链絮团，再投加带负电的 PAM 助凝剂，其又将带正电荷的 PAC 所吸附成为长链絮团进行增大絮凝，这是形成大絮团的概要过程。



为了保证三沉池出水，需要将流出二沉池的活性污泥絮体通过投加絮凝剂进行沉淀去除。我们发现投加少量的混凝剂根本不能起到絮凝作用。出现这种情况的原因是流出二沉池的絮体大多是解絮的活性污泥，就活性污泥来说是带有很强的负电荷的絮团颗粒，但活性污泥因为各种原因而主动解絮后，想要让这些解絮的活性污泥絮团再絮凝是相当困难的，因为没有活性污泥中微生物固有的粘肽物质作用，都带负电的活性污泥絮团是无法很好的絮凝成更大的活性污泥絮团的。这在二沉池出流水中随水流流出的解絮活性污泥颗粒显得尤为明显。所以，在三沉池前段的物化区投加不够足量的 PAC 将难以起到很好的絮凝效果。而很多操作人员看到这种情况大多认为是 PAM 投加不足，于是不断加大 PAM 的投加量，结果是带负电的 PAM 单体大量存在，与解絮的活性污泥所带负电的絮体根本不能絮凝，所以出现的结果是不但没有絮凝后的絮体出现，相反使得活性污泥解絮颗粒间更加稳定，絮凝效果就一点也看不到了。解决这个问题要重点加大 PAC 的投加量，利用 PAC 充当絮体骨架，因为来自二沉池漂出的活性污泥解絮颗粒有时并不太多，所以在水体中解絮颗粒数量不多时，颗粒间相互碰撞絮凝的机会就少了。这部分散落的解絮颗粒，只能通过加大 PAC 的投



加量，以PAC作为絮凝骨架来提高絮凝效果。实践也证明，对二沉池的漂泥电性的明确非常有助于我们在投加絮凝剂和助凝剂上的选择与投加量的确定。

## 第四节 运行故障的针对性方案实施

该大型造纸企业的运行故障，前面已进行了故障描述、原因分析，接下来的内容就重点对故障的处理对策进行一个全面的分析。

1. pH值的异常波动应对策略

在该废水处理场的整个系统中，我们发现，导致处理系统pH值异常波动的根本原因是生产现场的酸洗和碱洗过程排放的废水流入废水处理场。应对的策略是：在源头的控制将比后段更加重要。以该大型造纸企业为例，在生产区有一个$3000m^3$的储水池，如何有效利用该池进行先期水质调匀功能就显得比较有价值了。通过前后水体的混合，pH值能够在最大范围内得到调节。对于没有调节到位的部分，将其抽到废水处理场后，仍然可以通过废水处理场的调解池进行水质调解。该调解池共计$5000m^3$，所以充分发挥该池的调节作用，也能起到较大的调解效果，同时节省酸碱中和剂的投加。

在调整废水pH值的时候，投加的酸碱在什么程度最经济呢？回答这一问题，还是要看看酸碱滴定曲线中的一些规律，即酸碱滴定中存在的突跃现象，在实际的酸碱调整中也会遇到这样的问题。为此我们认为当调整池pH值维持在6.0~6.5的时候就不用再投加碱去强行拉升pH值了；同样，当pH值在8.5~9.0时也不用再投加酸去强行降低pH值。因为这种情况下，再对pH值进行调整的话，只会因为pH值发生突跃而导致pH值纠正过度。实践中，调整pH值在7.0，在大水量情况下是很难做到的。所以除了特殊情况外，保证pH值在6~9的范围内都是认可的，没必要一定将pH值调整在7.0左右。



另外，系统中的中性水体能够回流中和的，都可以调动起来进行中和处理，比如将三沉池的水先回流到调整池进行稀释中和。当达到极限的时候，同样可以通过加大二沉池的回流污泥量，将大量中性的二沉池水体回流入曝气池进行再中和。这样一来，在应对进流的异常pH值废水时所消耗的酸碱量就不会太多了，这样的操作既节省费用也降低了资源的消耗。

2. 进水水量、水质异常时的应对策略

首先明确的是，进流水量、水质的异常波动如果超过了调整池的调节能力，那么出现对物化系统和生化系统的影响将不可避免。具体的应对策略因影响因素不同而有所差别，下面就针对性的策略作一个全面的介绍。

（1）进流水量的波动影响的应对策略。废水流量异常波动对设施的影响重点表现在水力停留时间的影响，当波动过大时我们看到的主要是对反应池和沉淀池的水力负荷冲击。

水量波动过大，特别是进流流量过大时，提前采取必要的预防手段就非常重要。该大型造纸企业的废水排放还是有较好的规律性的，如何在规律性的基础上要求生产企业在预见有大水量异常排放时提前对废水处理场的联络就显得格外重要，因为废水处理场在得到大水量的提前通知时可以采取很多措施进行应对。主要提前应对措施如下。

1）调整池的提前调整准备。通过加大调整池的抽水力度，提前预留出调整池的空间容积，以便最大限度延长来水的处理时间，减少水力冲击负荷。

2）调整和确认加药系统。通常大流量进水需要提高絮凝剂和助凝剂的投加量，由此来保证物化段的处理效果。

3）曝气设备的确认。废水进流水量的增加会导致废水流过生化池的时间缩短，对应的曝气时间也将缩短，缩短后的结果就是整个处理水体会出现曝气不足。为了避免这种情况发生，需要确认可开启曝气设备的数量，同时调整二沉池回流污泥的流量，将回流污泥流量调小，从而减轻曝气入口段的进流水量。

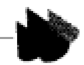
4）排泥量的控制。控制排泥量的目的主要在于使活性污泥的浓度能够调整到最优状态来应对进流水量或水质的波动。提前预知进流水量的增加，通过停止或减少排泥来提高活性污泥浓度，争取最短的时间内使活性污泥浓度得以最快的增长是应对突然的水力负荷和活性污泥负荷的较好方法，这样的操作改变能够最大限度的提高应对冲击负荷的能力，保证出水有机物排放量控制在较低水平。



（2）进流水质异常影响的对策。进流废水的水质异常主要表现在有机物浓度过高、进水惰性物质过多、洗涤剂含量过高等方面。就这些常见问题的对策措施，我们做如下分析。

1）有机物浓度过高。该大型造纸企业排放的废水有机物浓度很高的情况主要发生在浆纸报废后外排和涂布纸机药剂更换后的排放废水。由于纸浆报废外排废水中富含纸浆纤维和淀粉，所以不但 SS 含量高，有机物浓度也是平时的好几倍。而当涂布纸机更换药剂而排放废水时，涂布显色微胶囊分子量极高，原液有机物浓度达 20 万以上，稀释后的进入废水处理场的废水 COD 有时超过 1 万。这样的入流原水对在一段时间内已适应了处理低浓度废水的活性污泥来讲，影响是相当大的，基本上是增长对应不足，出现活性污泥的高冲击负荷，最终导致放流出水有机物含量上升。这个上升原因是因为活性污泥浓度不足，无法充分降解。

应对这样的高浓度废水，首先是要充分发挥调节池的均质调节作用，并在物化段重点强化废水的物化处理效果，将水中的有机固体悬浮颗粒尽可能的去除，如淀粉颗粒、涂布用染料微胶囊颗粒等。做到这些除了经验判断投药量外，平时的数据积累、现场针对性的小试等是确定此种状况下絮凝剂和助凝剂投加量的关键。另外应对的方法是充分发挥生物滤池的作用。为避免高浓度有机废



水对活性污泥系统的冲击，充分发挥能够耐受高负荷冲击的生物滤池的作用是非常有必要的，通过提高生物滤池回流水量可以在一定程度上提高处理水效率，因为回流水量的增加加重了生物滤池的负担，但是对于耐冲击负荷能力高的生物滤池来说，因为不存在诸如活性污泥沉降性问题，所以对出水质量的负面影响不大。也可将生物塔的回流水量调整到300%，这样生物塔的生物膜对有机物的去除效果将达到一个很高的水平。

2）进水惰性物质过多的应对策略。惰性物质流入生化系统过多会在活性污泥系统中集聚，直接的后果如前所述，会导致活性污泥沉降比优良的假象；同时，随着沉降比的恶化，生化池出水中会逐渐增加活性污泥颗粒物质的流出，由于活性污泥有效成分的不断降低，有机物处理效率自然也会处于较低的水平。

惰性物质种类很多，其中多无机颗粒。该大型造纸企业所产生的废水中，纸张中的碳酸钙填料是主要的惰性物质。对惰性物质的清除，重点是放在物化处理单元，所以混凝沉淀的部分也是非常重要的，强化混凝剂和助凝剂的最佳投加量是确保处理效果的前提。在活性污泥系统中保持正常的污泥龄也是规避惰性物质在活性污泥系统中累积的重要措施。

3）洗涤剂等表面活性物质的影响。洗涤剂等表面活性物质容易漂浮在水体表面，造成水体携氧能力减弱，同时容易产生多量泡沫而影响系统的正常运转。



该大型造纸企业也一样，在清洗纸机的时候也会用到清洁剂，这样大量清洗水进入废水处理系统的时候就会发生大量泡沫，同时，在曝气池可以发现曝气设备的充氧能力有所下降。这些表现都与进流废水中含有的洗涤剂或表面活性剂有关。

应对这样的问题，我们认为表面活性剂或洗涤剂并不会导致废水中有机物浓度的过分升高，为此，除了在物化段提高废水的 pH 值来抑制泡沫的过多产生外，重要的是让这部分废水尽快流出处理系统。要做到这一点，需要提高活性污泥浓度，并且加大二沉池的回流污泥量，使得进入活性污泥系统的表面活性剂或洗涤剂能够尽快地流出生化系统。

3. 物化区颗粒物质絮凝性能差

物化区颗粒絮凝性能差的问题，原因很多。在分析判断的时候如果不进行明确的鉴别区分，往往不能对症处理，其结果就是初沉池一侧的沉降压力很大。接下来就对这个比较头疼的运行问题的应对策略进行全面的分析。

（1）废水中中性颗粒含量过高。我们知道，只有打破废水中颗粒间的稳定性，这些悬浮颗粒才能够脱稳而相互吸附，最终在絮凝剂的作用下形成粗大的絮体而被沉降分离出水体。但是，当遇到的废水中富含中性带电颗粒的时候，发挥絮凝剂的电离吸附作用就显得相当困难了。在该大型造纸企业的废水处理场中也会遇到这样的情况，特别是涂布车间排放的染料废水，由于

其中颗粒物质多数现中性电荷，所以，投加混凝剂和助凝剂后很难看到好的絮凝效果。

有的操作人员为了提高对这类废水的混凝效果，往往会一味加大混凝剂和絮凝剂的投加量，结果是并没有看到混凝效果的好转，原因也就在于中性电荷的颗粒稳定性极高，要破化这种稳定性非常困难。相反，投加过多的混凝剂和絮凝剂会使得原来脱稳的悬浮颗粒再次发生稳定的现象。所以遇到这样的情况时，不主张过量投加混凝剂和絮凝剂。

（2）废水中悬浮颗粒含量过高、波动过高。我们在日常物化区的管理中始终遵循的原则是投加的絮凝剂和混凝剂的量要和废水中的浮颗粒相匹配的。但是，在实践操作中却发现废水中的悬浮颗粒浓度如果波动过大的话，对物化区的混凝效果影响是很大的。作为连续运行的环保设施，操作人员巡检有一定的周期。如果对突发的巡检观察不够的话，出现一次废水混凝效果不佳最终流到初沉池出现出水恶化的情况也是有的。所以，在巡检的时候要特别注意，重点观察投加混凝剂后的废水颗粒间间隙水的清澈度及颗粒间的紧密度。当然如果在进流水一侧就预知人流废水中悬浮颗粒含量过高的话，采取调整时就显得游刃有余了。就投药的应对方面，对于高悬浮颗粒的废水而言加大混凝剂和助凝剂的投加量是必然的，只是投加量需要认真的确认。



（3）投药量不合理导致物化区混凝效果差。物化区投药的合理与否对最终的混凝效果影响相当密切，为了更好的保证现场投药量的准确性，需要在现场进行杯瓶实验，也称现场小试。下面就现场杯瓶实验做个简单的操作介绍。

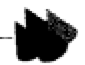
1）容器具：1000mL 烧杯 4 个；玻璃棒 4 根（20cm 左右）；移液管 2 支（1mL 一支、5mL 一支）；手表一块（计时用）；100mL 小烧杯 2 个。

2）药剂：0.1% PAM 100mL；10% PAC100mL。

3）药剂配制方法。

0.1% PAM 溶液的配制：在电子天平上称取 10mg 固体 PAM 粉末，准备 800mL 自来水于 1000mL 的烧杯中，将烧杯置于电磁加热搅拌器上，投入磁力搅拌子于烧杯中，开启磁力搅拌器。当水被均匀搅动的时候，将称好的 PAM 固体颗粒慢慢地少量的倒入烧杯内，随着磁力搅拌子的不断转动，进入水体的 PAM 颗粒均匀分布于水体中，并不断溶解和搅拌。约 2h 后我们可以发现 PAM 固体已全部溶解，将烧杯内的 PAM 溶液倒入 1000mL 容量瓶中，加入自来水稀释到规定刻度，那么 0.1% 浓度的 PAM 溶液就配制好了。所配制的溶液在通常情况下可以保存 1 周左右，超过一周的话有效成分分解严重，要使用的话需要重新配制。

10% PAC 溶液的配置：10% PAC 溶液的配制步骤就比较简单。通常废水处理场现场使用的 PAC 溶液来自附近的化学药剂公司，所以多半是提供配制好的



PAC溶液，这种溶液浓度在10%投加最为经济。我们只要到采购的PAC储存槽内去提取若干即可，只是在计算投加浓度问题上，为了数据的准确性需要确认采购的PAC溶液是否为10%的浓度，因为很多厂家都会降低浓度来获得更多的利益。检测其浓度是否合格通过比重计或者通过国标的PAC含量检测方法即可确认。

4）现有运行状况下混凝剂和助凝剂投加流量的确定。要确定目前投加到水体中的混凝剂及助凝剂的流量是一项繁琐的过程，但是它对物化段投加混凝剂及助凝剂的合理量确定至关重要。

检测所需器具为1000mL量筒1个，秒表1只。

检测方法为：在PAC的投加出口处用1000mL量筒承接从管道内流出的PAC，当开始流到量筒内时按下秒表开始计时，到达最高刻度前将量筒移开，同时按下秒表，停止计时。观察量筒内盛得的PAC溶液量并除以计时得到的秒数，即可得到PAC溶液投加的秒流量了。

同样方法可以检测到PAM的投加流量，只是在实际的PAM投加现场，多数看到的是多点投加PAM，这给我们集中盛接PAM溶液带来了不便，好在PAM投药管大多是PVC管道，可以在前段锯开后安装活动接头，在需要时拧开后集中盛接然后计量。



5）通过监测到的混凝剂和助凝剂投加流量来计算实际投加到废水中的混凝剂和助凝剂的投加浓度。在确定投加混凝剂和助凝剂的量时，多以投加浓度作为参考，因此计算出混凝剂和助凝剂的投加浓度具有重要的实际指导意义，也使得投药量的可比性得到量化。

根据投加混凝剂的流量确定投药量：假设PAC的投药流量是1000mL/min，那么实际投加到水体中的PAC量为1000mL×10% =100mL。按假设密度1.0计，实际每分钟投加到水体中的PAC重量是100000mg。假设此时的废水处理流量是500$m^3$/h，那么每分钟的处理水流量就是8.3$m^3$（8333L），最终投加到水体中的PAC浓度 =100000/8333 =12.0mg/L。

根据投加助凝剂的流量确定投药量：假设PAM的投药流量是12000mL/min；那么实际投加到水体中的PAM量为12000mL×0.05% =6mL。按假设密度1.0计，实际每分钟投加到水体中的PAM重量是6000mg。我们再来确认一下此时的废水处理流量假设是500$m^3$/h，那么每分钟的处理水流量就是8.3$m^3$（8333L），最终投加到水体中的PAM浓度 =6000/8333 =0.72mg/L。

我们计算出投加入废水中的混凝剂和助凝剂的浓度后，就可以通过小试确定当前废水所投加的混凝剂和助凝剂是否是合适的投加量。如果投加浓度有误差，可以对混凝剂和助凝剂的投加流量进行调整以满足最佳投加量的需求。

现场的小试如何进行呢？接下来我们就做一个详细的说明。

现场小试是现场工艺调整人员必须具备的一项技能，因为我们已经知道了整个废水处理工艺中物化段的重要性了，也知道混凝剂和助凝剂的投加量是否准确决定了整个物化段的最终沉淀结果。

具体的现场的小试操作步骤如下：

① 将1000mL的烧杯4个放在可操作的平稳位置，注入搅拌均匀的废水原水，保持液面高度在烧杯的1000mL刻度位置。

② 通过第5）条的知识点确定目前现场实际投加PAC的浓度，由此决定在现场小试过程中所需确认的波动投加量，一般先取0.8倍、1.0倍、1.2倍、1.4倍值来投加。

③ 假设现场PAC测得的投加浓度是12mg/L的话，根据上面提到的倍率关系，需要设定小试过程中需要投加的测试浓度是9.6mg/L、12mg/L、14.4mg/L、16.8mg/L，投加入4个烧杯的PAC（浓度10%）体积数分别是0.096mL、0.12mL、0.144mL、0.168mL。

④ 投加PAC到烧杯后，需要迅速用玻璃棒搅拌烧杯内的水体，理论上需要做到的是尽可能快速搅拌水体，只要水体不外溢。搅拌时间控制在15s左右，需要做到4个烧杯同时开始搅拌和同时停止搅拌，多人操作需要手法尽量相同。

⑤ 快速搅拌的目的主要是为了在最短时间内使投加的PAC能够快速分布在废水中，为此，一旦完成了PAC在水体中的快速分布就可以停止搅拌了。

⑥ 接下来的步骤是投加PAM，还是根据第5）条的知识点确认目前现场实际投加PAM的浓度，由此决定在现场小试过程中所需确认的波动投加量，一般也先取0.8倍、1.0倍、1.2倍、1.4倍值来投加确认效果。

⑦ 假设现场PAM测得的投加浓度时0.72mg/L的话，根据上面提到的倍率关系，需要设定小试过程中需要投加的测试浓度是0.58mg/L、0.72mg/L、0.86mg/L、1.01mg/L，投加入4个烧杯的PAM（浓度0.05%）体积数分别是1.16mL、1.44mL、1.72mL、2.02mL。

⑧ 在投加PAM之前，我们已经投加了PAC，所以可以通过观察投加PAC后的效果来确认投加的PAC是否符合最佳投加量的要求。主要观察项目是确认4个烧杯中形成的絮体颗粒大小、颗粒间的间隙水等变化区别，此组最优最劣的观察结果将用于最后投加PAM后的药价效果的综合对比。

⑨ 观察好投加了PAC的效果后应该尽快同时向烧杯内投加PAM，投加入4个烧杯的PAM（浓度0.05%）体积数分别是1.16mL、1.44mL、1.72mL、2.02mL。

⑩ 投加入PAM后，需要同时慢速搅拌烧杯中的水体，使得水体中逐渐形成粗大的胶羽。搅拌速度控制在40rpm。搅拌2min后停止搅拌等待沉淀。

⑪ 在搅拌和等待沉淀的过程中需要观察多个项目来判断不同投药浓度情况



下的药价效果。主要项目是：胶羽形成的大小、速度；胶羽间间隙水的清澈度；液面浮渣情况等。

⑫ 当形成的胶羽在水力旋转作用消失后会快速进入沉淀阶段，经过 30min 的静置沉淀后，我们就可以对沉淀的胶羽形态进行一个投药效价的再判断了，主要通过如下项目判断：沉淀物数量、沉淀胶羽单体的大小、上清液清澈度、烧杯壁悬挂胶羽的程度、最终的上清液浮渣情况等。

投药效果优劣判断标准说明如表 5－1 所示。

**表 5－1　　　　投药效果判断**

| 效果项 | 仅投加 PAC | 投加 PAC + PAM |
|---|---|---|
| 絮体细小但独立而均一 | 投加量合适 | PAC 与 PAM 投加的配比不合适，需调整投加比例；常见于 PAC 投加不足 |
| 絮体粗大，但间隙水混浊 | PAC 投加过量 | PAM 投加不足 |
| 絮体粗大，但间隙水清澈 | 投加量合适 | 投加比例合适 |
| 絮体有挂烧杯壁的现象 | 不可见 | 投加 PAM 过量 |
| 液面浮渣 | 不可见 | PAC 投加过量 |
| 沉淀物粗大，上清液清澈 | 投加量合适 | 投加比例合适 |
| 沉淀物粗大，上清液混浊 | 有可能 PAC 投加不足 | PAM 投加不足或 PAC 与 PAM 投加的配比不合适 |
| 沉淀物细小，上清液清澈 | 投加量合适 | 投加比例合适 |
| 沉淀物细小，上清液混浊 | PAC 投加不足 | PAM 投加不足 |

根据以上给出的 PAC、PAM 投加过量或不足以及投加比例不协调的问题，通过仔细确认和反复调整 PAC 或 PAM 的投加量就可以得到最佳投药效果。这是通过现场小试指导实践投药操作的主要手段，运用得好对我们在物化段发挥高效投药效果、节约投药成本非常有意义。

这里需要再次指出的是举例中所涉及的混凝剂和助凝剂是 PAC 和 PAM，其实不仅如此，混凝剂中的硫酸铝、聚合氯化铁、三氯化铁等也适用这种小试方法，而 PAM 中的阴离子型、非离子型都适用；阳离子型 PAM 用于废水中投加的话，其现场小试不建议在此之前投加 PAC 等混凝剂，而是单独投加阳离子型 PAM 即可，这同样能达到较好的混凝沉淀效果。

（4）投药位置不正确导致物化区的混凝沉淀效果欠佳。物化区的投药位置和投药后废水和药剂混合、反应的时间长短有关，在物化区的投药位置是否正确非常重要。

通常混凝剂的投药位置比较固定，都在快混池或前段的管道混合器部位，

但是助凝剂 PAM 的投加位置却存在很大的变数，我们通常将 PAM 的投药位置放在慢混池前端，也就是放在第一个慢混池的进水口，而很少看到放在第二个慢混池的进水口，这主要是设计上的原因。但实际运行中存在如下的问题。

1）当进入物化区的水量达到设计负荷时，我们可以发现将助凝剂的投药位置放于第一个慢混池的进水口符合发挥最佳投药点原则。因为物化区进水量达到设计负荷时，物化区过流水量最大，投加入废水中的化学药剂停留时间最短，为了最大限度的延长投药后药剂在物化区的停留时间，选择慢混池的进水口作为最佳投药点。

2）当进入物化区的水量远未达到设计负荷时，我们就会发现将 PAM 的投药点仍然设置在第一慢混池的进水口首端是错误的。因为过分延长 PAM 在废水中的停留时间反而会导致形成的絮体折断或解絮，这对初沉池的沉降效果发挥不利。为了应对这个情况，应该在两个慢混池皆设置投药点。当物化区进水流量偏小时，可以开启设在第二慢混池的 PAM 投药点；当进水流量过大时开启第一慢混池的投药点。如此机动灵活的选择区分投药点，可以最大限度提高 PAM 助凝剂的投药效果。

4. 初沉池运行故障应对策略

初沉池的运行故障前已述及，主要是沉降不佳、污泥上浮、积泥过度等方面，接下来就这些故障的应对策略分别加以分析。

（1）沉降不佳。初沉池作为物化区混凝沉淀作用后的泥水分离场所，其常见效果的好坏除了设计上的缺陷外，物化区的投药比例合适与否、进流废水的水质及负荷都是影响因素。应对这样的问题最重要的就是充分发挥物化区混凝沉淀的效果，也就是尽量调整混凝剂及助凝剂的投加比例及最适合投加量。

（2）污泥上浮策略。物化区的污泥上浮多半是沉降的污泥没有及时排除，积聚在池内过多，导致厌氧污泥产生，继而浮出初沉池液面。应对策略重点是确认排泥是否正常通畅、近期进流废水悬浮颗粒浓度是否过高，以便及时确认原因，提早采取加大排泥的措施。

（3）初沉池积泥过度应对策略。初沉池积泥过度往往会导致初沉池刮泥机故障，并最终导致初沉池无法排泥而停止运转。实践中往往因为操作人员巡检和点检不力，导致初沉池排泥不及时，等到发现故障时，初沉池刮泥机早已停运了，这时的维护应对策略就显得比较滞后了。因此，如何提早识别初沉池排泥不畅的问题是操作管理人员需要在制度和方法上进行明确的。在方法方面主要就是要懂得如何根据进水中悬挂浮颗粒浓度的变化来调整初沉池的排泥流量，它们之间是呈正比例调整的。另外，排除初沉池的污泥浓度是否过大也是可以确认的。同时，当初沉池积聚多量污泥的时候，会发现刮泥机的运转不正常，最多的是传动装置发出异声、原地打滑、传动链断裂、跳闸等异常表现，这时就需要认真确认初沉池是否积泥过度了，提早采取加大排泥流量是最有效和必



须的方法。

5. 生物滤池常见运行故障应对策略

生物滤池作为耐受高冲击负荷、降低活性污泥系统受冲击程度的构筑物来讲，其运行的稳定性也至关重要。常见故障对应策略如下。

(1) pH值异常导致生物滤池故障的应对策略。pH值波动过大对生物滤池的生物膜影响确实很大，常可以看到生物滤池遭受高pH值冲击后生物膜剥落严重、斑秃明显。为此，有效的应对策略是尽可能的在物化处理段就将pH值调整到合理范围。如果预计到现有的酸碱不能中和完全入流废水的pH值，应该采取的主要方法是尽可能的用少量酸碱中和，当然其结果肯定是酸碱中和不到位。但是，这里也要明确一个概念，即微生物作为一个整体来讲还是有能力抗受一定浓度和时间的pH值波动的，特别是pH值不超过6~9的波动。因此，当进流废水pH值显酸性时，我们投加碱进行中和的时候，只要将pH值提升到6.0左右即可，而无需浪费多量的碱来将pH值强行提升到7.0左右；同样，也没有必要为了中和过高的碱性废水而投加过量的酸，只需将碱性废水pH值调整到9.0左右即可。

(2) 生物膜生长不良的应对策略。生长不良的生物膜导致的直接后果就是对废水中有机物的去除效率降低，为此针对性的策略显得比较重要。



生物膜滋生多量青苔的问题，我们可以发现受光面的生物膜青苔滋生厉害，而背光面看不到青苔的滋生，因此如何减少生物膜的受光面在生物滤池设计和改造时是关键的考虑点。另外，减少对生物滤池营养剂的投加也显得比较重要，过量的投加营养剂也是引发生物滤池爆发青苔繁殖的重要原因。为此，整个生化系统的营养剂可以进行分段投加，即生物滤池一侧做一个投加点，在活性污泥法的曝气池一侧也做一个投加点，如此分段投加营养剂，即可避免生物滤池投加过量营养剂而引发的问题。

生物膜滋生丝状菌对生物膜本身来说不会影响过大，但是对后续的活性污泥法可能导致严重的后果而对整个生化系统不利。应对策略重点在系统停止后的灭杀动作，可通过高次氯酸钠水对生物滤池进行彻底清洗，以重新生长生物膜。

生物膜生长过厚导致剥落堵塞等问题的应对重点是控制回流水量。通过高回流水量的冲刷作用可以抑制生物膜的厚度，也有利于提高生物膜对有机物的去除率。

6. 曝气池常见运行故障应对策略

(1) 液面浮渣问题。该大型造纸企业的生化系统也常出现液面浮渣，由于产生浮渣原因不同，所以应对策略也不同。主要应对策略分述如下。

1) 进入生化系统的废水含有大量惰性物质。应对策略是强化物化段的混凝沉淀效果，以减少进入生化系统的惰性物质总量；同时，为避免生化系统积聚过量的惰性物质，通过排泥方式来逐步代谢出在活性污泥中的惰性物质是必要

的手段。

2）活性污泥老化导致的液面浮渣。重点强调的应对策略是调整整个活性污泥系统的食微比，通过降低活性污泥浓度的方式来实现比较方便和可控。

3）丝状菌膨胀导致的液面浮渣，主要还是针对诱发丝状菌膨胀的原因入手进行处理。由于丝状菌膨胀导致的活性污泥液面浮渣原因复杂、处理困难，所以找到针对性的原因进行处理至关重要。具体问题将在随后的章节中进行专门的应对策略说明。

（2）曝气池产生液面泡沫的应对策略。曝气池泡沫的产生和浮渣产生的一样，原因都是多方面的，同样需要区别应对。但是我们发现，浮渣很多时候是由于泡沫过度堆积而形成的。因此，就泡沫过度堆积后导致浮渣的部分，我们参照浮渣部分的对策即可。而另一部分的泡沫主要是白色黏稠类的，这些泡沫再积聚都不会产生浮渣，通常此类泡沫是由于负荷过高引起的，那么应对这样的问题自然是从降低进流废水对活性污泥的冲击入手。

7. 二沉池常见运行故障应对策略

二沉池通常作为整个废水处理系统的终极部位，其出水的好坏直接影响系统最终出水的质量。因此，本书对如下项目的针对性应对策略来进行表述，以保证二沉出水的稳定。

（1）液面浮渣产生的应对策略。二沉池液面浮渣产生的主要原因来自曝气池运行的故障，由此波及到二沉池的液面浮渣较为常见。应对策略重点就在于改善曝气池产生的浮渣。另一种情况就是沉降在二沉池底的活性污泥反硝化导致的浮泥，并最终形成浮渣也有发生。应对策略重点是纠正活性污泥系统的整个碳氮比结构，特别是不要过量投加营养剂中的氮元素。

（2）二沉池漂泥的应对策略。二沉池发生漂泥是非常令操作人员头疼的事，但当操作人员站在二沉池上，看到二沉池出水夹着颗粒流出时，更多的是要确认问题在哪里。我们认为纠正活性污泥的老化问题和降低进流废水对活性污泥的负荷冲击至关重要。

（3）二沉池活性污泥集团上浮。出现此类现象最多的是与冲击负荷（特别是水力冲击负荷）的存在和活性污泥丝状菌高度膨胀有关。对应的策略就是降低活性污泥承受的冲击负荷，使得二沉池的活性污泥有足够的时间进行沉降。另外对丝状菌的抑制和控制也需要进行，具体丝状菌的控制技术将在随后专门的章节介绍。

## 第五节　就系统面的调整效果评价

活性污泥系统的常见故障表现、故障原因、故障对策在前面的内容中都进行了简单的阐述，这些内容都是分别讲解的，如何将其汇总起来、进行综合判



断是我们需要掌握的。对于该大型造纸企业来说主要在以下几方面进行效果评价。

1. 物化区效果评价

物化区的存在目的是去除废水中的悬浮颗粒，也就是去除废水中的无机悬浮颗粒和部分有机悬浮颗粒。那么，对物化区的评价主要就是确认初沉池出水的情况了。初沉池出水评价项目如下。

（1）感官出水清澈度。工艺管理人员到达初沉池时，首先需要观察的是初沉池出水的感官状况，也就是第一眼看到的初沉池出水是否清澈。常用方法是观察初沉池堰口在水面以下的能见度，看得越深，我们认为初沉池出水越清澈，自然在物化段的混凝效果就比较好了。

（2）出水颜色确认。初沉池的出水常带有颜色，该大型造纸企业因为有涂布工厂，使用的矿物性染料通常使初沉池出水带颜色，但是其颜色的深浅同样与物化段的混凝效果有关。

（3）实验室指标。实验室方面的监测数据较多，主要是：pH 值、SS、COD、色度、浊度等指标，通过这些指标的对比都可以清楚的了解到初沉池现有状态下的运行情况。

综合以上的几个评价指标，发现其评价方法有感官的，也有实验室的分析指标。同时，我们对物化区的效果评价重点集中在初沉池出水质量，也就是评价对象是物化区混凝效果的优劣。所以说，物化区的工艺控制重点是在混凝剂和助凝剂的投加量和比例是否恰当。



2. 生化区效果评价

除了物化区的效果评价外，生化区的效果综合评价也是非常重要的一个方面。评价的侧重点在该大型造纸企业的废水处理场，主要评价位置是生化系统的二沉池。具体如下：

（1）二沉池出水清澈度判断。二沉池作为活性污泥系统中活性污泥进行泥水分离的场所，其运行是否正常可以从侧面判断现有活性污泥的运转状态，而活性污泥的运转状态优劣是评判整个废水处理场运行效果好坏的关键。

二沉池出水是否清澈的判断方法和初沉池相近，即感官目视、实验室浊度、色度的检测等方法。在活性污泥运行状态达到较高水平时，可以看到沉淀到二沉池底的活性污泥、甚至是刮泥机局部结构。所以这样的出水清澈度，对确认整个活性污泥系统的最优状态及控制参数相当有参考价值。也就是要在优良的出水清澈度情况下去主动确认现有运行条件下各控制参数的具体数据值，将其综合记录分析，以便以后系统异常时进行控制参数的对比。

（2）二沉池堰口出水泡沫法评价。二沉池堰口位置的各种变化对判断二沉池运行状态比较直观，也有参考意义。主要是观察堰口出水进入出水收集渠后所产生的泡沫量，如果不产生可堆积的泡沫、所产生的泡沫易碎的话，就认为

对有机物的去处率较高，活性污泥也未出现老化，活性污泥系统处在较佳运行状态。

3. 综合评价

就该大型造纸企业废水处理场而言，判断其整体运行状态的优劣，重点就在上面两点所讲的物化段效价控制及生化段效价控制。通过对初沉池、二沉池的感官评测和实验室分析，能够较好的确认两系统的运行优劣。这对操作人员综合判断能力方面的提升有很好的推进作用，通过不断的循序渐进、经验积累，就单个废水处理场的管理和运行故障原因判断就显得非常容易了。

## 第六节　系统正常运转的保持

整个废水处理场废水处理状况不是静止的，而是不断变化中的，既有负荷的变化，也有水质的变化，同样也有活性污泥的阶段性演变及季节对整个废水处理系统的影响。为此，如何保证该大型造纸企业的废水处理场处在一个相对稳定的环境下，确保经处理后的废水达标排放是我们需要认真考虑的。

具体在如下方面进行重点应对。

1. 控制原水水质波动，尽可能保证原水水质的均衡稳定

要做到这一点必须要和生产部门建立良好的沟通，让生产部门知道，他们排放的污染物对废水处理场的冲击主要体现在哪里。当有这样的污染物排放计划时，要有有效的途径将这样的信息提前传达到废水处理场，这是废水处理场能够提前调整工艺、采购药品的前提。

2. 物化区混凝剂、助凝剂投药量的调整。

物化区的重要性我们已经有所认识了，如果混凝剂、助凝剂投加量和投加比例能够跟随进水水量和水质进行同步调整的话，就能够发挥最大的投药效果。

3. 活性污泥系统稳定运行

要做到活性污泥的稳定运行，需要对活性污泥的运行参数进行有效的调控和管理。在调控之前是通过不同渠道进行运行参数的数据调查，这是就数据进行判断的基础，所以调查得到的数据是否正确至关重要。

对主要运行参数，其年度各时间点的控制值与这些时间点所表现出来的运行状况是我们需要整理分析的，特别是运行异常状况下的控制参数和正常状况下的控制参数。通过各工艺控制参数的有效控制及系统运行异常的工艺控制参数识别，就能够很好的通过运行控制参数的改变来达到稳定活性污泥系统运行的目的了。



# 活性污泥法运行故障应对方法

本书的重点内容是活性污泥法工艺控制的实践知识讲解。通过第五章的废水处理场案例，向大家概述了其活性污泥工艺与其他构筑物及处理设施间的关系。所以，这样的废水处理实例的见解，应该说，给大家就活性污泥处理工艺的控制方法和原理给出了一个概念性的框架，这有助于接下来大家对本章内容理解，从而加深对活性污泥法工艺控制的理解和熟悉。

本章内容将对活性污泥运行中的各种运行故障进行系统地分析，通过这样的分析给出在实际操作中出现故障时的应对参考，使我们能够在活性污泥工艺控制方面形成系统的概念性理论，强化我们通过系统功能判断来确认和了解系统故障的原因及最佳处理对策。

## 第一节　生化系统培菌启动困难应对

### 一、生化系统培菌启动困难概述

活性污泥法作为处理污水、废水中有机物最为经济的方法之一，在处理大流量含有机物的污水、废水中得到了普遍的运用，也是我们在市政排水处理中能够经常看到活性污泥法变形工艺的原因。

所有的新投产废水处理工艺都需要经历一个培菌过程，使新投产的废水处理生化系统构筑物内从无到有，培育适合该污水、废水处理厂相适合的菌种。由于微生物对生长环境要求较为严格，其生物相变化与环境变化也非常密切，所以，就整个培菌过程来讲，需要有详细的培菌计划和严格的培菌控制才能在最短的时间内完成培菌过程。培菌初期各工艺控制指标不能有效控制，菌种接种或自培菌时的微生物含量过低，不能有效的适应进水的冲击是培菌困难的主要原因。就这些影响因素分析如下。

培菌成功的生化系统，各工艺控制指标都要求调整在参考值或经验值内的，但是培菌初期却没法做到这一点。因为培菌初期进水没有规律，浓度和水量变化大，营养剂没法做到确量的投加。这些冲击和异常环境的存在，是培菌阶段需要延长时间、强化培菌计划性的主要原因。

进水没有规律、出现间隔进水的话，每次间隔后的进水，都会对微生物的生长形成冲击，所以提倡保证连续进水。

进水浓度变化同样会对微生物造成冲击，使培菌效果降低，我们还是强调进水的有机物量要与微生物数量相协调，否则，过高的有机物浓度对刚接种时

的活性污泥来讲有极强的抑制作用，初期表现为接种污泥多量死亡。虽然这一过程有利于优化接种污泥优势种群的繁殖发展，但是接种初期因为微生物对新环境的不适应，在培菌初期需要进行严格的进水控制。

营养剂的投加方面，由于微生物接种或自培菌初期微生物量不多，实际消耗营养剂的机会很少，为此常会出现营养剂投加过多的现象。这时容易在培菌初期出现藻类问题，继而在一定程度上导致对快速培菌的影响。

**二、培菌过程及方法**

活性污泥的培菌通常分为两种，即接种培菌和自培菌。接下来就分别对这两种培菌进行说明。

1. 接种培菌

（1）接种培菌的优缺点。作为活性污泥的培菌过程来讲，接种培菌比较常用，主要是因为培菌耗时较短，有利于整个活性污泥处理系统尽快启动。为此，对能量的消耗就比较少，因为过度的延长培菌时间就会消耗过多的资源，特别是电能方面。

而其缺点主要表现在菌种的适应性方面。因为接种过来的菌种对新的污水、废水处理厂接收的污水、废水来讲是不适应的，为此培菌过后的一段时间内仍然有菌种不断优化的过程。这种优化的进展过程中，由于形成优势菌种需要时间，对去除率和系统稳定性方面存在一定的影响。与自培菌所培养出来的纯菌种相比，这是它的不足点。同时，接种过来的菌种常会将一些非正常菌种接种过来，给接下来的培菌及以后的稳定运行带来诸多影响，特别是接种污泥内含有的丝状菌体，如果被接种过来，危害很大，也很难彻底清除。所以，条件允许的话尽量自培菌，如果要接种的话，一定需要经有经验的技术员对接种污泥进行显微镜观察，确认接种的污泥无异常的情况后，才能进行接种。此时的显微镜观察重点是丝状菌是否存在，我们认为就接种污泥来说，显微镜观察是绝对不能看到在菌胶团内有丝状菌的，即使是很少量的丝状菌。因为在原系统中的丝状菌没有爆发是受其所处的环境影响和限制的，但是到了新的环境中，尤其是培菌初期不适合正常微生物生长的时候，丝状菌会优势生长，这是我们不愿意看到的。另一方面，我们还要观察菌胶团的松散程度，往往过于细小松散的菌胶团不能适应新的环境，被接种后极易死亡，最后在不正确的培菌操作下导致培菌失败。这是因为，显微镜观察到的松散细小的菌胶团往往是活性污泥内存在较多惰性物质、活性污泥发生老化等不正常的低效活性污泥，所以在新的环境中极易死亡。

（2）接种培菌的过程及方法。概要性的来讲，就是将相近的污水处理厂回流污泥或脱水后的污泥运到准备启动的污水、废水处理现场，通过水泵或直接倾倒入生化处理池，再经过一系列培菌步骤完成对整个生化系统的启动。

但是，接种的时候需要多少接种污泥、不同污泥的需求量是多少，都有一



定的要求，接下来就接种污泥需要多少数量进行分析阐述。

在说明投加接种污泥量的时候，需要说明一个接种的概念性问题，也就是到底投加多少比例的活性污泥量能满足新运行污水、废水处理厂的生化系统启动需求量呢？是1吨，还是2吨？其实这样的模糊回答从理论上来不太合适，因为需要考虑到待培养的活性污泥生化系统的规模。规模越大，理论上需要的接种活性污泥量就越大。同时，接种过来的活性污泥浓度和有效成分的量等也是很重要的影响因素。因此，在确认投加多少接种活性污泥时需要考虑很多影响因素。

1）对于直接拿相近污水处理厂回流活性污泥作为接种污泥的培菌，由于活性污泥脱离运行环境后，就中断了食物源和供氧源，所以需要在最短时间内将其运到培菌现场。由于回流的活性污泥浓度比生化池内的浓度要高1~2倍，所以，这在一定程度上节约了运输接种污泥的数量。通常投加量可以根据计算确认，以概要的食微比作为投加接种污泥量。通常概要食微比值控制在5~10，根据概要食微比的计算投加接种污泥量方式如下。

初期培菌进水量控制1000t/d；

有机物含量 $BOD_5$ = 150mg/L；

接种来的活性污泥浓度MLSS = 4000mg/L；那么，根据概要食微比（5~10）=（进水量×有机物含量）/（接种污泥量×接种污泥浓度）；则接种污泥量=（7.5~15）t。



以上是根据概要食微比计算值来确认投加接种污泥量，需要说明的是，这是一个概要食微比，忽略了诸如接种活性污泥的活性、日常波动水量水质情况等因素，但是活性污泥在培菌初期投入的接种活性污泥量可以有较大的偏差幅度，这和活性污泥的适应性有关。我们认为要活性污泥发挥有机物的高效去除率，需要相当严格的控制要求。但是在培菌初期，没有处理效率要求的情况下，微生物的增长对各控制参数的要求还是相对较宽的。所以对接种后的活性污泥运行参数的控制是关键，对接种活性污泥数量的准确性要求不高，毕竟微生物繁殖方式是倍数增长的。

2）对于投加来自脱水机房的污泥饼作为接种污泥的，由于其是干污泥（含水率80%左右），相对投加比较方便，但是，其有效成分不高，活性也差，所以接种后的培菌速度低于直接接种回流活性污泥的速度；同时，由于来自初沉池、沉砂池的无机颗粒在脱水污泥饼中也有很多，这对活性污泥的培菌是不利的；另外，泥饼中的活性污泥部分由于在干污泥中，容易失去活性或处于休眠状态，为此接种后需要第一时间激活休眠的微生物。

投入量的确定方面，由于无效成分较多，所以需求量与接种回流活性污泥量相近，其有效成分的判断主要通过确认无机颗粒的流入量和活性污泥的流入量之比决定；另外，可以通过显微镜观察泥饼中的显微镜结构来判断活性污泥

的有效成分含量。对于后者的观察方法，主要是将泥饼溶解后再进行显微镜观察，重点观察活性污泥菌胶团的成分数量所占的比重，能观察到超过5%即可作为合格的污泥饼进行接种。

接种污泥投入到生化系统池以后，就进入培菌初期阶段了，这个阶段控制是否得当，对后续的培菌成败及耗时具有重要的影响作用。

其中，首先要进行的是闷曝过程（所谓闷曝，即将曝气池的入口、出口、排泥都关闭，对静止不流动的池液进行曝气），为了通过全程足量曝气达到激活活性污泥活性的目的，这个过程需要24h左右。控制要点是不进水而仅仅进行足量全程曝气，随后组织低浓度低水量废水进入生化系统，并将曝气量降到能够保证整个生化池混合液DO值在2～3mg/L左右。

在随后的培菌过程中逐步提高进水量和进水浓度，增加幅度按平均分配原则在1个月内提高到正常处理水量规模，同时及时校正投入生化系统的营养剂含量。在第三周开始，需要进行适当的排泥，以置换掉活性污泥内的无机惰性沉淀物质。排泥控制应该少量多排为主，排泥量以保证排泥后活性污泥混合液内MLSS值不降低为原则。当维持操作指标1个月后，通常能够看到初具规模的活性污泥浓度了。纵观整个培菌过程，其实并不复杂，所以培菌操作人员应该放松心态应对整个培菌工作，其中确认好待处理污水、废水的水质、严格控制控制指标、重视培菌要求，那么我们完全可以在气温适宜的情况下提前完成培菌过程。



2. 自培菌

活性污泥的培菌通常选用接种培菌的方法，主要是想求得最快的培菌速度，以完成培菌的工程任务，但是有很多时候不能使用接种培菌。这主要是因为：接种活性污泥需要在最短的时间内进行接种，以免出现死亡而影响接种效果，但是有时候受地理位置限制，无法及时方便的运输接种污泥的事件也是有的，这样就需要进行自培菌了；另外，对于一些特殊的污水、废水处理的活性污泥接种，往往很难找到合适的相同菌种，这样一来，接种过来的活性污泥往往会在新的环境中因为不适应而死亡，为了避免这样的情况发生，我们也需要进行自培菌。

（1）自培菌的优缺点。自培菌是在污水、废水的特定成分条件下来培养微生物，因此产生的活性污泥具有较好的针对性，所以，我们发现自培菌的微生物对污水、废水中的有机物降解效率要高于接种污泥的去除效率，这样的一个现象在培菌结束后的若干月中表现的较为明显。另外，自培菌的微生物对该污水、废水中的抑制物质的适应能力要明显强于接种的活性污泥所形成的微生物群落的适应性。

在运行上的缺点。如前所述，自培菌先期启动时需要投加大量的启动能源，特别是易降解的碳氢化合物，如甲醇、蔗糖、化粪池污水等。同时，因为微生



物是从无到有培菌的，所以前期消耗的曝气能量较多。另外培菌初期，白色泡沫产量较多，对生化池周围环境有一定的影响。

（2）自培菌过程及方法。首先，让待处理污水、废水进入生化池，同时需控制好进入生化池的废水浓度和进水量，进水浓度控制在正常值的20%左右，进水量在开始的2天内是一次性注满生化池，同样开始进入闷曝阶段。自培菌的闷曝阶段要比接种培菌为长，约是2倍，即2天左右。原因在于自培菌的培菌初期基础很差，需要更高的活性激活。2天后结束闷曝即可同接种活性污泥的培菌方法一样进入正常培菌阶段。

由于自培菌阶段微生物启动的基础很差，所以较接种培菌的耗时来说会长2～3周左右。这是在培菌的时候需要注意的地方，其培菌开始到进入正常运行阶段的耗时需要有计划性的准备，否则一味加大进水浓度及进水量，反而会延长培菌周期。

3. 培菌各阶段对各控制指标的要求

培菌各阶段，控制指标是培菌成败和培菌耗时缩短的关键，我们在实际操作过程中要严格按照操作方法进行，特别是一些操作注意点，更是要严格遵守。下面对培菌的各要点分述如下：

（1）闷曝要求。前面已经就闷曝的原因进行了表述，根据其能激活休眠状态的微生物功能而言，我们可以明确的知道，当微生物被激活后是不需要闷曝的。但是非常的遗憾，很多调试人员不知道这一点，在整个培菌过程中始终进行闷曝，结果是培菌进行了半个月，却得不到任何微生物，甚至接种过来的活性污泥也消失了。那么，是什么原因导致这种情况的发生的呢？原因很简单，过度曝气的结果就是对活性污泥造成过度氧化，最终使活性污泥发生自分解而死亡。也许有的读者会问，我们在正常操作过程中过度曝气也没有发现活性污泥减少啊？回答这个问题，就需要考虑活性污泥正常阶段和培菌阶段的区别了。正常阶段的活性污泥，其整体性好，活性污泥世代繁殖的量相当庞大，对高曝气存在能够较好的通过整体效应加以应对；而培菌阶段，由于活性污泥数量少，基础差，繁殖基数少，所以耐受高曝气的冲击能力很差，特别是自培菌的时候，如果老是足量曝气的话，活性污泥被氧化分解的情况就会非常严重，以至于活性污泥分解繁殖的量抵不上被氧化分解的量，那么我们看到的就是活性污泥在高曝气状况下数量迅速减少了。

所以，我们一再强调，闷曝过后一定要将曝气量降下来，不要足量连续的曝气。这不但是浪费电能的问题，重要的是会延长培菌时间，特别是设计负荷远高于现有的实际负荷的情况下，这样的操作有可能导致培菌的失败。

（2）排泥要求。培菌过程中有时候会出现这样的问题，即整个培菌过程中不知道要排泥，他们觉得：我在培菌，要排掉了，岂不是白培养了？表面看起来，这样的说法很有道理，事实上是违背了活性污泥整个系统的规律性要求，



即活性污泥排泥是为了置换掉陈旧的活性污泥，保持活性污泥的活性而进行的。同时，进入生化池的无机颗粒很容易在生化系统中积累，如不排泥，势必导致生化系统中所培养的活性污泥有效成分越来越低，最终出现有机物去除率极低的现象。

正确的做法是在培菌过程中，当出现较具规模的活性污泥浓度时，就需要进行适度的排泥了，通常将在生化池监测到的活性污泥浓度操作500mg/L作为培菌过程是否需要排泥的判断标准，那么排泥量如何控制呢？还是如前所说，控制排泥量大小以排泥是否会导致生化系统活性污泥浓度降低为标准。只要排泥后活性污泥浓度不降低，我们就认为排泥量正常，同时排泥方法力求多次连续均匀的排泥，不要一次性的大量排泥，因为这样很难控制尺度，往往会出现生化系统活性污泥浓度骤降的不可控情况发生。

(3) 营养剂要求。活性污泥的培菌阶段，营养剂的投加要求和正常培菌一样，需要严格掌控，但是相对正常运行时投加营养剂的量而言是需要略高一点的，基本上要高过正常值的15%左右，目的也是在于为活性污泥的快速培菌启动成功提供必要的外围条件，同时也为活性污泥的培菌过程中快速增殖的活性污泥浓度提供必要的保证。为了确认这个结果，需要每天检测生化池的活性污泥浓度以及排放水中的氮磷含量，用以判断是否存在营养剂投加的短缺，具体把握尺度以排放水中磷含量不超过0.5mg/L、氨氮含量不超过5mg/L为参考依据。



以上是投加量方面的要求，另一个层面的投加方式也需要正确对待。我们在培菌初期往往遇到设施没有投用、运转药品没有购买到等统筹不足问题，以至于操作人员在投加营养剂是采用的是人工投加，这样一来，瞬间投加量会很多，而第二次投加前微生物会表现出营养剂短缺的现象。所以，我们要尽量避免人工投加营养剂，即使是必须要人工投加的时候，也尽量均衡的多次投加，也就是尽量模仿设备连续投加的方式。在这里反对一次性人工投加营养剂的原因是：作为活性污泥系统来讲，入流污水、废水进入生化池是有停留时间的，如果停留时间是4h的话，可以近似的认为投入到培菌初期生化系统中的营养剂在4h后没有被利用的部分也将流出生化系统。那么4h后的生化系统中的氮磷就所剩无几了，对于培菌来讲是不利的。同样的问题在补充外加碳源的时候，也要避免一次投加过量碳源。因为一次性投加过量的话，会产生对活性污泥的负荷冲击，前已说过，培菌初期应该避免冲击负荷的产生，否则会延长培菌总时间，对资源也是一种浪费。

4. 培菌常见问题的处理

培菌过程中会遇到很多影响培菌效果的问题，特别是对于影响培菌时间、关系培菌成败等方面，需要我们发现问题的根源，并施以对策，才能够很好的应对。下面就对常见的培菌问题进行说明。



(1) 培菌数周不见活性污泥形成。不能有效形成活性污泥菌胶团的问题，在培菌过程中还是比较常见的，究其原因可以从以下几方面进行分析：

1) 接种失败。接种失败的原因也比较多，常见的是接种过来的活性污泥或泥饼内活性污泥已死亡，无法从休眠状态恢复过来。这主要是对接种污泥的活性确认不足，如接种污泥装车到投入待培菌生化池耗时过长，途中又没有进行必要的曝气；而对接种的污泥饼来讲，如果泥饼内含有过量的抑菌成分的话，同样泥饼中的活性污泥也会死亡。

应对策略是在接种时严格确认活性污泥的活性，并且再投入接种生化池前也确认一下活性污泥的活性，用以判断是否是有效的接种污泥。这主要是要缩短接种活性污泥的运输时间，以确保活性。同时运输途中还需要适当曝气。

2) 曝气过度。曝气过度对活性污泥培菌来说是致命的，这也是培菌数周不见成效的常见原因。在刚刚形成的活性污泥菌胶团中，由于活性污泥基数小、初期絮凝能力差，所以在高曝气情况下容易形成过度氧化，对游离的细菌更是如此。培菌初期，由于没有形成规模菌胶团，所以游离细菌会很多，此时过度曝气将消耗氧化掉大量游离细菌，使得游离细菌无法在数量达到要求浓度时形成菌胶团，所以我们就无法在过度曝气的环境下看到规模活性污泥被培养出来了。



应对策略是严格控制培菌阶段的曝气量，特别是防止过度曝气，通过检测生化池各部位的溶解氧值来判断曝气是否过度，以控制溶解氧值不超过 3.0mg/L 为宜。

3) 入流废水水质。若进入培菌生化系统的入流废水中有机物含量过低，活性污泥的培菌效果也会大大受限，特别是 B/C 低于 0.3 的时候。加之初期进水有机物含量一般不多，所以因为有机物浓度不足导致培菌没有成效也很常见，如进水 COD 值在 100mg/L 以下的时候，特别难以培养活性污泥。为此，我们需要向进流污水、废水中投加碳氢化合物，以补充底物浓度。

除了底物浓度不足导致培菌不见成效外，进水含有抑制物质也是培菌不见成效的原因。因为接种污泥通常对原有的处理水水质具备较好的适应性，而对新的环境中出现的新的待处理物质或者是部分本身具有抑制活性污泥生长的物质，培菌就显得相当困难，如重金属含量过高、无机类物质含量过高等。

当然，pH 值控制不当，出现过高过低 pH 值的污水、废水进入培菌生化系统的话同样会导致活性污泥在培菌初期遭到重创而使初期培菌失败。因为 pH 值在 6~9 以外的话，对于初期培菌的生化系统来说，在还没有形成规模菌胶团的时候，如果接触超过 4h 的话，培菌就得从头开始。

应对策略是严格控制进流污水、废水水质状况，对于进水有机物浓度低的，需要增加底物浓度，如甲醇、砂糖、化粪池水等；对于 pH 值方面的变化，一定要在物化段调整好，不要出现误操作而使过高过低的 pH 值污水、废水进入培菌

生化系统；对于特殊污水、废水的人流，应该考虑到它的抑制性，尽量在培菌成功后开始进行。

但是培菌后期出现泡沫的话需要引起注意，这里指的培菌后期是前面已发生过白色泡沫，持续一段时间（3～4d 左右）后消失了，随后的一周后显微镜观察到了菌胶团的形成，通过控制进水量及进水浓度以减少冲击。因为活性污泥培菌成功后，进行驯化的过程就比较有把握，否则，驯化不成，反而导致培菌失败或延长了培菌时间。

（2）培菌初期出现大量泡沫。培菌出现大量泡沫通常有两种情况：第一种情况是进水中有机物含量过高，在频繁的过曝气情况下容易出现大量白色泡沫；另一种情况是活性污泥培菌顺利，当初步形成菌胶团的时候，生化池中存在的游离细菌是最多的，这时在曝气情况下就会产生大量黏稠的白色泡沫。

应对泡沫问题，如果对周围环境影响过大的话，可以洒水灭泡，但是通常影响不会太大，一般泡沫现象在 1 周内会自行消失的，泡沫消失后，离形成菌胶团就不远了。那么，我们认为此时的活性污泥即进入培菌后期了，在这个时期如果产生大量泡沫的话，通常是出现了如下问题。

1）冲击负荷的存在。如果进入培菌生化池的污水、废水中有机物浓度突然增高，综合有机物浓度（指考虑浓度和水量关系）超过前期 1 倍以上的话，就会形成冲击负荷，和正常的活性污泥系统一样，那么在培菌生化池上会有大量白色黏稠泡沫产生。由于是培菌阶段，我们对这样的问题更应引起注意，调整进水量，以削减对培菌阶段活性污泥的冲击。调整依据是将进水有机物浓度与前期浓度进行比较，通过限制进水量来调整到恰当的综合有机物浓度。

2）有毒物质的流入。在培菌后期，如果进流污水、废水中含有对当前培菌活性污泥有抑制作用的化学物质，我们会发现培菌活性污泥非常容易死亡，直接表现是生化池出水变得异常混浊。这里的混浊与废水没有得到彻底处理表现的混浊不一样，是由于活性污泥发生解体后溶解或悬浮在放流出水中形成的混浊。判断要点是用显微镜进行观察，确认菌胶团的形态及非活性污泥类原生动物的数量、活性情况。

调整方面是需要严格掌握好进水水质状态，先期确认新增废水种类中化学物质的特性，特别是工业废水处理厂，新增废水种类是否会对活性污泥造成影响，可以通过采集培菌生化池混合液，在实验室通过小试确认对活性污泥的影响程度，可以的话还能通过小试得出目前状态下，培菌活性污泥对该化学物质的耐受限值，继而指导实际进入培菌生化系统的浓度及流量。

当然，洗涤剂和表面活性剂也能导致培菌生化池出现泡沫，但是，此时的显微镜观察不会发现菌胶团和非活性污泥类原生动物出现变化。而在生化池前段有水跃产生的位置，也可以看到泡沫产生，这是综合判断是否进水中含有洗涤剂、表面活性剂的一个重要参考方法。



（3）培菌阶段出水混浊。培菌阶段，总体来讲出水混浊是一个较长的正常过程，因为培菌阶段为了培菌需要，进水负荷控制始终是需要略高于正常值的，这也是培菌快速启动和缩短培菌时间的需要。观察出水是否混浊，我们可以运用$SV_{30}$的检测过程来判断，通过相同沉淀时间后的上清液浊度值来判断培菌过程的出水混浊度趋势，继而判断出水发展趋向。引起出水浊度异常的原因主要有：过度曝气、毒惰性物质流入、负荷冲击、不排泥等。确定原因后我们可以有针对性地施以对策。

## 第二节　活性污泥驯化概述

对活性污泥进行驯化，目的是为了强化活性污泥对特殊污水、废水的处理，从而提高其抗特殊污水、废水的冲击能力，提高活性污泥对特殊污水、废水的去除效率。

那么，什么是特殊污水、废水呢？我们认为，污水、废水中的某一成分超过活性污泥在一定时间内的承受能力，能够导致活性污泥死亡或休眠的，如：重金属、染料、苯类、低有机物浓度等。

为了应对富含特殊成分的污水、废水，我们需要对活性污泥进行驯化培养。驯化培养按切入点不同分成两种方式。



1. 自培菌阶段即开始驯化

自培菌阶段进行活性污泥的驯化，对后期的活性污泥高效处理特殊污水、废水中的抑制成分有明显的效果。但是，这种培菌方式也有它的缺点，就是培菌时间较长、消耗的能源较多。

具体的培菌步骤如下：

（1）开始的过程同正常培菌方式一样，也是进行2天的全程闷曝，随后系统进入正常的进水培菌阶段，在开始的10天内保持正常进水状态。

（2）当正常进水经过10天后，可以增加富含难降解或毒性物质的污水、废水进入培菌生化系统，但混合入流的比例需要严格控制，其比例控制在进流水中该类有毒或抑制物质的浓度接近国家排放标准为佳，这样的混合入流量需持续1周左右。

（3）含有有毒或抑制物质的废水流入培菌生化系统1周后，即可以逐步加大此类物质的浓度了，通常以每天1.05倍的浓度递增为基准。根据培菌的生物相变化确认混合入流的此类毒性或抑制物质浓度是否过大，通过显微镜观察的帮助可以进行有效的浓度修正。

（4）逐步增加浓度的过程需要一个较长的培菌时间，这是因为抑制物质的混合入流会对培菌活性污泥产生抑制，重要的是还会有积累过程，所以当积累的浓度达到一定程度后，会对培菌活性污泥发生强力的抑制作用，而这个过程

我们很难提前检测到。为此，增加有毒或抑制物质的废水流入浓度切忌操之过急，投加后以为没事，但到了积累浓度爆发时，往往很难挽回对培菌活性污泥的影响。

（5）通常适当的增加难降解或毒性物质的污水、废水进入培菌生化系统的浓度后，活性污泥会自身调节而去被动适应。此时，活性污泥菌种也会自己发生筛选，保留下能耐受或处理难降解及毒性物质污水、废水的菌种。但是，在易降解有机物的供给方面我们也要把握好，为获得最快的培菌时间，需要适当提高易降解有机物的补充投加，主要是投加甲醇、化粪池出水等易降解物质。

（6）通常顺利的驯化培菌，在1~2月后即可培养出具有对该类人流废水特有的高处理能力的活性污泥了。

2. 接种污泥培菌驯化

这里讲的接种污泥培菌驯化是指接种与本污水、废水处理厂具备相同水质成分的处理污水、废水厂的接种污泥，因为只有这样的接种污泥才能够在最短时间内适应特殊废水对培养的活性污泥的抑制和毒性冲击。

整个培菌过程如下：

（1）首先是到最近的处理相同水质的污水、废水处理厂去拖运回流活性污泥，经过显微镜观察发现没有丝状菌等不良微生物时，即可拖运到待接种生化池。

（2）在投入到生化池之前需要用显微镜观察接种活性污泥的活性，避免死亡的活性污泥投入到培菌系统中，以免浪费培菌能源。

（3）开始培菌后同样是闷曝1天，以激活接种的活性污泥。接种数量同正常接种培菌的参考接种量，当然，在运输和种源上比较顺利的话，多拖运点接种污泥，对接种还是有利的。

（4）闷曝后即进入正常的培菌阶段，同样，还是需要控制入流的特殊废水成分的浓度，按照起步浓度是该类惰性或抑制物质在国家排放标准的2倍左右为宜。

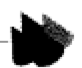
我们可以看到，这里的起步浓度比自培菌来驯化活性污泥的起步浓度要高，这主要还是接种的是对应的具备降解特殊污水、废水成分的已驯化适应的活性污泥。

（5）进入培菌正常阶段后，为了迅速提高活性污泥浓度，需要补充易降解有机物进行支持，同时，还是需要严格控制曝气量，不要过大，以免导致活性污泥被氧化而解体。

（6）通过1个月左右的时间，在规范的培菌步骤下，即可保证培菌过程顺利完成，达到正常的活性污泥浓度。

3. 活性污泥途中驯化

活性污泥途中驯化是指活性污泥本来不具备处理或适应有毒或抑制物质的



污水、废水能力，但是在足够大的活性污泥浓度情况下，进流特殊废水的有毒及抑制成分的浓度不是很高时，活性污泥整体能够适应这样的冲击，继而被动驯化能够逐步耐受此类特殊污水、废水的高浓度值。

途中驯化是一个自然的过程，多见于本来企业并未使用有毒或抑制类物质，但是由于工艺改变等，导致生产线排放水含有特殊成分的污水、废水。由于所含有毒或抑制类物质的浓度较低，对活性污泥群体来讲影响不大，所以通过这样的方式对已有活性污泥进行驯化是比较可行的。因为它对系统的影响较小，也不影响出水。被驯化后的活性污泥同样具备处理此类特殊污水、废水的能力。

## 第三节　活性污泥浓度提升困难

很多时候我们需要或希望活性污泥具备较高的浓度，于是通过各种途径来提升活性污泥浓度，但往往效果不佳，提升困难。为了对这样的现象加以认识，给读者在原理上和实践操作中以指导，下面就主要分析方法汇总如下。

### 一、活性污泥浓度提升困难概述

活性污泥浓度提升困难通常有如下两种情况。

**1. 活性污泥在没有达到其各项控制指标的情况下，浓度提升困难**

这里指的活性污泥各项控制指标没有达到控制值的状态，主要是针对活性污泥控制指标中的$SV_{30}$、MLSS、F/M值。以传统活性污泥法为例，通常控制的$SV_{30}$值在15%左右，MLSS值在1100～2500mg/L左右，F/M值在0.08以上。如果没能够达到这些指标的控制参考值，我们认为活性污泥是有调整提升能力的，也是有必要提升活性污泥浓度的。



**2. 活性污泥在符合各项控制值要求的情况下，浓度提升困难**

对于活性污泥各控制指标符合工艺控制参考要求的，如果发现活性污泥浓度提升困难，需要重点分析是否有必要对活性污泥浓度进行提升。因为得到优良的污水、废水处理效果是我们处理污水、废水的主要目标，工艺控制各指标值是否正常决定了生化处理系统能否发挥高效运转的能力，如果这些控制值在正常范围内，我们认为没有必要调整和提升活性污泥浓度。

### 二、活性污泥浓度提升困难原因及应对方法

活性污泥浓度提升困难原因很多，通过控制活性污泥运行的各工艺指标我们能够发现活性污泥提升浓度困难与这些指标的关系密切，主要有如下原因。

**1. 曝气过度，溶解氧值控制过高**

曝气过度对活性污泥浓度提升的影响主要表现在活性污泥提升过程中产生的游离细菌容易被过量的曝气所氧化，这使得活性污泥浓度无法进一步提升。为此，保持合理的曝气量，就需要操作人员经常进行确认了，而且确认的曝气效果是整个生化池范围内的溶解氧值。

2. 营养剂投加不足

营养剂的投加在活性污泥培菌和正常运行阶段都是非常重要的。营养剂作为细胞的组成必要元素，是绝对不能缺少的，否则连基本的菌胶团形成都会受到抑制。为了能够有效保证营养剂的合理量投加，通过对出水水质的营养剂残余检测来判断营养剂投加是否充足比较有效，当然，通过理论计算的营养剂投加量也可以参考，只是需要意识到在提升活性污泥浓度的时候，也需要将营养剂投加量一起跟上，否则出现营养剂投加不足的现象时就会对活性污泥的正常功能代谢产生影响。

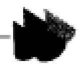
3. 进水底物浓度太低

活性污泥的生长繁殖所需要的能量来自污水、废水中的有机物，而污水、废水中的有机含量决定了能够支持多大群落的活性污泥总量。通过这个基本原理，我们知道，活性污泥的浓度不能一味向上提升，而是受底物浓度总含量的限制。所以，在需要提高活性污泥浓度的时候，第一个需要弄清楚的是为什么要提高活性污泥浓度，没有目的性的提升活性污泥浓度是没有必要的。因为，将活性污泥浓度维持在动态平衡的时候，此时的活性污泥浓度与进水底物的浓度是相适应，如果毫无目的的提高活性污泥的浓度，就会出现底物浓度跟不上、活性污泥浓度无法提升的现象。同时，长时间为提升活性污泥浓度而不排泥的话，我们会发现活性污泥会进入老化阶段，以至于会进一步降低活性污泥的浓度。为此，需要提高活性污泥浓度的话，在底物浓度不变的情况下，活性污泥浓度能够维持的一个高点就是它的最高限值，如果要超越这个最高限值就需要新增底物浓度来达到活性污泥浓度的进一步提升。

通常，越是发现底物浓度低就越想提高活性污泥浓度，比如进水中 COD 值只有 $10^{-4}$mg/L，这样的进水有机物浓度，很难培养出较好的活性污泥菌胶团形态。这时，操作人员多半觉得排泥太多，所以，培菌或正常运行时的活性污泥浓度控制过低。孰不知，这样的进水有机物浓度对活性污泥的规模量繁殖是相当困难的，特别是伴有进水流量不足时。所以，解决这样的问题只有增加底物浓度。否则，培菌或运行的结果就是活性污泥无法规模培养，所形成的活性污泥细小松散、活性差、原后生动物稀少。

4. 进流水中含有过量的有毒或抑制类物质

难降解有机物或毒性物质的流入对活性污泥的正常繁殖有很大影响。应对这样的情况需要降低此类有毒物质的流入，对蓄积在活性污泥内有毒或惰性物质需要通过排泥及时排除，而不是降低排泥来提高活性污泥的浓度。另外，增加停留时间是应对惰性物质和难降解有机物的重要方法，很多难降解物质如苯类化合物、印染废水的染料等需要提高废水在生化系统的停留时间才能比较彻底的对其进行处理。



**三、活性污泥浓度提升困难时对应各工艺控制指标的表现**

活性污泥提升困难的时候，往往在活性污泥工艺控制的各项指标上得到体现，现就具体控制指标的表现说明如下。

1. 溶解氧值

活性污泥浓度提升困难时需要确认溶解氧的控制值，当超过$6.0\times10^{-6}$mg/L时，可以认为这样的溶解氧长期存在的话就会对活性污泥的进一步增长产生抑制，即使是保持不变，在一定程度上也是困难的。不仅是因为曝气过度能够导致活性污泥被自氧化，更重要的是，曝气过度导致的活性污泥絮凝性降低会导致多量细小的活性污泥絮体流出生化系统，自然这样的现象会导致活性污泥浓度降低，也就更谈不上能够很快的提高活性污泥浓度了。

2. 食微比值

在活性污泥提升浓度困难时，需要第一个确认的就是F/M值。如果这个值低于0.03的话，我们会发现即使不排泥也很难再提升活性污泥的浓度了，如果提升不上去而一味维持在高位，那么活性污泥会出现老化现象，进而导致液面浮渣产生，出水带有悬浮的解体颗粒。

3. 营养剂投加不足

营养剂投加量是否充足，通过检测生化池出水的氮磷含量可以确认。需要控制出水含磷0.4mg/L、氨氮4mg/L即可，这样的出水监测到的含量就可以保证活性污泥增长所需的营养剂需求了。但是，当检测到的磷含量低于0.1mg/L、氨氮低于1mg/L时，我们认为，这样的浓度是不支持活性污泥浓度进一步提升的。



**四、活性污泥浓度提升困难对策方法**

就活性污泥浓度提升困难的对策方法，我们在充分知道造成提升困难的原因以后，应该说对策就不难确定了。只是需要明确在正常培菌阶段，活性污泥浓度到什么程度后才算是培菌完成呢？如果不明确这个问题，就会出现培菌操作人员仍然希望继续将活性污泥浓度提升的问题，结果是在多种限制条件的干扰下，活性污泥浓度提升困难，特别是当底物浓度供给受到限制时。

而在正常的活性污泥运行阶段，如果需要提升活性污泥浓度，原因必须要明确，即为什么需要在原有的基础上提升活性污泥浓度，如为了应对高有机物浓度进流废水的处理，我们就需要提高活性污泥浓度，但也是在高有机物污水、废水入流后再进行活性污泥浓度的提升。否则，提前通过不排泥来提升活性污泥浓度的话，往往是会发生活性污泥活性降低、抗冲击负荷能力下降等问题，究其原因是活性污泥在没有底物浓度配合的情况下，一味预先提高活性污泥浓度会导致活性污泥的老化，通常在1周左右即可表现出来。

所以，应对活性污泥浓度提升困难的问题，在明确为什么要提升活性污泥浓度这个概念后，再进行底物浓度的评判和诸如消除过度曝气、营养剂投加不足、有毒有害物质流入等措施。

## 第四节　生化池浮渣、泡沫故障

活性污泥法运行过程出现浮渣和泡沫是比较常见的，对应的分析和研究在各种参考书中也有比较多的说明。我们从实践的角度，对浮渣和泡沫的形成及实践面原理和对策进行综合分析，以使一线操作和管理人员能够在应对浮渣及泡沫产生的问题上有所认识及对策。

**一、生化池浮渣、泡沫概述**

1. 浮渣产生位置的说明

生化系统产生的浮渣就其位置而言，常可发生曝气池的池壁及四个角落；而在二沉池内发生的浮渣常堆积在二沉池的出水堰内圈挡板四周。

2. 生化池浮渣产生源头

曝气池产生的浮渣主要来自曝气池自身的活性污泥系统不正常的代谢，也有部分是流人生化系统的无机颗粒，经过曝气浮于池面。生化系统的二沉池所产生的浮渣通常也是来自曝气池，积聚过量的浮渣会流到二沉池从而在二沉池液面发生积聚。当然，来自二沉池自身的浮渣也有，大凡有两种：一是污泥反硝化后导致沉淀的活性污泥上浮；二是活性污泥在二沉池缺氧严重导致的厌氧污泥上浮，这些上浮的活性污泥就会成为二沉池的浮渣。

3. 泡沫和浮渣的关系

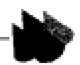
泡沫的形成可以归结为水体的黏度增高所致。导致黏度增高的原因主要有：水体有机物含量过高、曝气池混合液活性污泥老化、进流水富含洗涤剂或表面活性剂、丝状菌膨胀等。其中，因为丝状菌过度繁殖导致的泡沫和浮渣在实际生化系统运行中最难得到根治和去除，其他原因导致的泡沫和浮渣相对来讲其周期不会太长，通过调整运行控制工艺的参数和进流水控制，都能很好的恢复系统状况。

泡沫和浮渣的关系，我们在实践通常看到的是泡沫可以不断积聚，最后形成浮渣。但不是所有的浮渣都是由泡沫转变而来的，直接由污泥上浮产生的浮渣也很多见。由于泡沫形成过程中会粘附生化系统中的活性污泥和无机悬浮颗粒，所以泡沫持续时间的长短、泡沫本身的黏度、活性污泥的状态等决定了浮渣积聚的程度。

4. 泡沫和浮渣的种类

（1）泡沫的种类。生化系统泡沫比较好的分类方法是通过颜色和黏度进行分类，因为确认泡沫不同的颜色和黏度能够指导我们判断目前活性污泥所处的状态。泡沫颜色及常见活性污泥运行故障指导意义如下：

1）棕黄色泡沫。泡沫产生时数量不多，靠近曝气团四周液面少量产生，沿辐射方向逐渐消散，到四周脚落时开始积聚。泡沫颜色呈棕黄色，泡沫色与当



时活性污泥颜色相同。整个泡沫形成到积聚的过程中，泡沫呈易碎状态，所以此类泡沫在短时间内不会发生严重的积聚而导致大量浮渣产生。

据此产生的指导意义是：活性污泥处于老化状态，部分活性污泥因为老化而解体，悬浮在活性污泥混合液中，在曝气状态下均匀附着在泡沫中，导致泡沫破裂的时间延长，这为泡沫积聚创造了条件。

2）灰黑色泡沫。泡沫数量、产生过程、积聚、易碎性与棕黄色泡沫特性相同，但其颜色中带有黑色的成分，所积聚的产物也呈灰黑色，观察整个生化系统的活性污泥颜色也有略带灰黑色的感觉。

据此产生的指导意义是：活性污泥处于缺氧状态，缺氧的状态可使活性污泥出现局部的厌氧反应，这样，原本处于好氧状态的活性污泥就会在这个转变的过程中出现死亡，同样也就会附着在曝气后的气泡上了。所以，如果我们看到产生的泡沫呈灰黑色的话，除了确认进水是否含有黑色染料废水外，主要就是要确认生化池是否在局部有曝气不足产生的厌氧情况发生。

3）白色泡沫。白色泡沫产生的原因很多，但主要常见于负荷过高、曝气过度、洗涤剂入流等。而在区别是何种原因导致的白色泡沫时，泡沫的黏度能给我们很多的参考。通常情况下，粘稠不易破碎的泡沫，常见于活性污泥负荷过高，而且此时的泡沫色泽鲜白，堆积性较好；而粘稠但易破碎的泡沫常见于活性污泥的过度曝气，而且此时的泡沫色泽为陈旧的白色，堆积性差，只会发生局部堆积；洗涤剂的流入也会发生白色的泡沫，因为洗涤剂的存在，增加了水体的表面张力，最终导致泡沫的形成。

4）彩色泡沫。彩色泡沫常发生于生化系统流入了带颜色的废水，通常这些带颜色的废水具备较高的有机物浓度，在曝气的作用下，容易导致类似高负荷时产生的泡沫。由于水体本身就带有颜色，自然产生的泡沫也会带有颜色。另一种情况就是污水、废水中富含表面活性剂或洗涤剂，这些石化产品流入生化系统后，自然也会导致泡沫产生，在阳光照射下，这些泡沫表面会产生五彩缤纷的颜色，这对判断此类泡沫的产生原因有很大的帮助。

（2）浮渣的种类。生化系统浮渣种类比较好的分类方法是通过浮渣的堆积度进行分类，因为不同的原因导致的浮渣，其堆积度在生化系统是不一样的，通过产生浮渣的堆积度能够较为简易的判断出导致浮渣产生的原因。浮渣堆积度与常见活性污泥运行故障的关系如下。

1）黑色稀薄的液面浮渣。此类浮渣唯一的问题在于颜色上。通常显黑色的液面浮渣与活性污泥处于缺氧状态有关，在没有出现浮渣过度堆积的情况下尤能证明这一点。为此，确认生化系统是否处于缺氧状态或者说局部缺氧状态可以反面印证浮渣产生的原因。

2）黑色且堆积过度的液面浮渣。对于黑色且堆积过度的液面浮渣，我们需要确认的是浮渣形成的时间，因为被堆积起来的浮渣通常需要一定的形成时间，



而堆积形成的浮渣往往会出现缺氧的状态，所以我们会发现堆积时间较长的液面浮渣往往颜色会变成黑色，特别是浮渣内部更因缺氧而变得呈现明显的黑色，这在鉴别时要注意的。另外的情形是活性污泥系统出现了严重的缺氧或厌氧状态，大量的活性污泥因为厌氧分解，产生气体后夹杂厌氧泥团出现上浮，此时也会出现大量的黑色浮渣堆积于生化系统液面。

3）棕褐色稀薄的液面浮渣。就棕褐色稀薄的液面浮渣而言，由于其色泽与正常活性污泥接近，且不出现堆积状态，形成浮渣稀薄，通常我们在浮渣面积不大的情况下（即只有几个角落存在液面浮渣），认为这是活性污泥系统正常的表现。当然，如果要确认对系统运行的参考意义的话，最常见到的是活性污泥法发生老化的初期，这通过其他判断活性污泥老化的方法是可以得到确认的，特别是活性污泥的沉降比及显微镜观察方面的确认。

4）棕褐色且堆积过度的液面浮渣。出现这样的情况常与如下因素有关：第一种情况是活性污泥在生化池发生了污泥的反硝化，大量的反硝化活性污泥会上浮，在较短的时间内出现棕黄色浮渣的大量堆积，这种情况尤其在二沉池更容易发生；另一种情况是活性污泥发生了较为严重的丝状菌膨胀，过度膨胀的活性污泥在曝气的作用下，包裹大量的细小气泡而浮于液面，在不断的曝气作用下，浮渣也不断的积聚，最终就形成厚厚的棕黄色浮渣层，而且因为浮渣内包裹了气泡，短时间内浮渣不会因为缺氧而变黑，所以对这类液面浮渣进行显微镜观察会发现其生物相与曝气池混合液区别不大，同样能够看到大量的具备活性的原后生动物。



5. 浮渣、泡沫产生时各工艺控制指标的表现

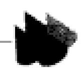
泡沫和浮渣异常产生时，对应的活性污泥各工艺控制指标的变化是我们接下来需要探讨的，这也是综合分析生化系统运行控制的重要方法。

（1）棕黄色泡沫产生时的活性污泥各工艺控制参数的表现。代表指征方面，前面已经明确了此类棕黄色泡沫的产生是活性污泥处于或即将进入活性污泥老化状态的一种表现，所以在对应的各项活性污泥的控制参数方面就可以明显找出问题了。

1）活性污泥的沉降比方面。活性污泥的沉降比观察是判断活性污泥是否出现老化的重要方法之一，通过沉降比值是否偏小（低于8%），沉降的活性污泥是否色泽暗黄，沉降速度是否过快等方面的确认，结合液面产生的棕黄色泡沫即可较为准确的判断活性污泥是否出现了老化现象。

2）SVI值方面。SVI值用来判断活性污泥的松散程度确实是很好的指标，然而它也具备判断活性污泥是否发生老化的功能。当SVI值低于40的时候，活性污泥通常是发生了老化，结合液面产生的棕黄色泡沫即可较为准确地判断活性污泥是否出现了老化现象。

3）显微镜观察结果。对于老化的活性污泥，显微镜观察方面也能很好的发



现，重点是菌胶团的致密程度和后生动物出现的比重。如果观察到的菌胶团比较致密，且后生动物大量，结合液面的棕黄色泡沫，判断活性污泥是否处于老化阶段是比较容易做到的。

（2）灰黑色泡沫产生时的活性污泥各工艺控制参数的表现。灰黑色泡沫的指征意义多半是活性污泥系统出现了缺氧或厌氧状态，对应的工艺控制各指标的确认也就需要围绕这一方面展开了。灰黑色泡沫产生时重点需要对溶解氧值进行综合判断。

确认活性污泥系统是否处于缺氧和厌氧状态，最好的方法自然是直接通过溶解氧测定仪进行实地检测，这方面我们的操作人员容易犯的错误就是只检测一个点来判断生化系统的整体溶解氧状况，这种做法是片面的。为了避免这种情况，需要对整个生化系统均匀布点进行实地检测，只有这样才能发现局部的供氧不足死角。如果溶解氧在某些位置监测值低于0.5mg/L的话，我们就需要重点对这些位置进行确认了。同时需要注意的是整个生化系统的活性污泥区域混合液的搅拌状态是否充分，因为，不充分的搅拌往往产生活性污泥的堆积沉淀，自然沉淀的活性污泥就非常容易出现供氧不足的缺氧或厌氧状态了。我们结合液面泡沫的颜色，特别是粘附黑色活性污泥颗粒的泡沫，就非常有必要确认溶解氧过低和局部搅拌不充分的沉淀死区问题了。



（3）白色泡沫产生时的活性污泥各工艺控制参数的表现。白色泡沫的产生，我们基本归结为活性污泥负荷过高、曝气过量、洗涤剂流入等情况，对应这些故障的其他工艺参数表现来讲，能够很好的认识的话，对我们判断白色泡沫的由来具有较好的参考价值。

1）F/M值与白色泡沫的关系。我们很清楚地知道，判断活性污泥负荷的指标是F/M值（即食微比值），如果食微比值过高（大于0.5），同时对应产生大量白色粘稠的泡沫的话，我们就可以认为活性污泥确实是处于高负荷运转状态了。这个问题，我们在培菌初期的事例中就可以分析出来。由于培菌过程中，活性污泥因为数量过少，不能形成很好的菌胶团，此时，进水浓度的不断升高，自然会导致现有活性污泥浓度状态下污泥负荷是过高的，通常F/M高于1.0，所以培菌初期看到活性污泥系统产生大量粘稠的泡沫也就不足为奇了。

2）DO值与白色泡沫的关系。前面已述及，曝气过度同样会产生大量白色泡沫，虽然在泡沫黏度不高的情况下，正常的曝气量不会导致生化系统泡沫的产生。但是活性污泥在过高的曝气量作用下，部分活性污泥会解体溶解，随即导致活性污泥清液中的有机物含量升高，这是在高曝气量情况下导致泡沫产生的一个原因。为此，我们在保证活性污泥供氧的情况下，尽量降低曝气量，不但能减少泡沫产生，同时也能减少能源消耗，降低运行成本。通常控制在曝气池出口DO值不低于2.0mg/L即可，如果一味提高曝气量，使得DO上升到5.0mg/L的话对活性污泥系统产生的负面影响是比较大的。

3）起泡物质流入的问题。除处理负荷过高、曝气过度外，起泡物质流入生化系统同样可以导致活性污泥系统产生泡沫，比较常见的是生化系统中流入了洗涤剂或表面活性剂，在曝气作用下，很快就会产生大量白色泡沫。我们通过监测 DO 值及生化系统当时的污泥负荷情况就可以反过来推断是否是入流水质的影响导致了活性污泥系统泡沫的产生。

（4）彩色泡沫产生时的活性污泥各工艺控制参数的表现。彩色泡沫的产生与带色污水、废水的流入和洗涤剂及表面活性剂的流入有关。所以，通过观察物化区处理出水是否仍带有颜色可以判断此部分污水、废水是否会对生化系统也产生颜色干扰。就洗涤剂及表面活性剂的问题，重点也是确认物化区水跃位置的泡沫堆积情况，由此来判断表面活性剂及洗涤剂对后续生化系统对泡沫产生的影响。因为表面活性剂及洗涤剂本身对生化系统的影响短期内并不明显，所以，在这种情况下去观察活性污泥的生物相时，并不会观察到什么特别的不正常生物相情况。

（5）黑色稀薄的液面浮渣产生时的活性污泥各工艺控制参数的表现。黑色稀薄浮渣的产生，对应活性污泥工艺控制方面的项目是 DO 值，也就是说，曝气池存在溶解氧相对不足或局部不足的现象。为此，需要对整个生化系统进行全面监测确认。当然，这里也需要排除进流污水、废水在流入污水、废水处理厂前经历了长途跋涉或停留过久，导致这些待处理水本身就出现了厌氧反应，这样一来，入流污水、废水也就呈现黑色了。同样的结果是，这部分使污水、废水变黑的颗粒物质粘附在气泡表面，最终出现黑色稀薄泡沫，堆积到一定时间后就会形成液面浮渣。对于因为 DO 值过低导致的液面黑色稀薄浮渣，我们通过强化曝气后可以克服，但是，对于进流污水、废水自身缺氧过度导致的色泽变黑，在活性污泥系统中的改善是相当困难的，通过加大回流废水量的方法在一定程度上能够缓解这样的黑色浮渣。

（6）黑色且堆积过度的液面浮渣产生时的活性污泥各工艺控制参数的表现。对于堆积过厚的黑色液面浮渣，我们可以发现来自生化系统池底整体上浮的比较多，对其进行显微镜观察时不会发现活性污泥类原后生动物，总体污泥颗粒分散而不具絮凝性，活性污泥沉降比观察可以发现，活性污泥沉降性能不佳，上清液混浊，沉淀污泥色泽偏暗黑色。所以，归结产生这样的现象还是因为溶解氧不足，局部出现厌氧或缺氧的状况。这种状况和曝气过度导致的液面堆积浮渣相比，其色泽的区别最大，曝气过度产生的浮渣色泽鲜艳，呈棕黄色。

（7）棕褐色稀薄的液面浮渣产生时的活性污泥各工艺控制参数的表现。通过活性污泥沉降比的观察，我们能够对这样的现象进行还原，即在活性污泥沉降比试验结束时可以发现，液面也会有一层稀薄的棕褐色浮渣层，同时，发现上清液略显混浊，主要是上清液有解体的细小颗粒物质，但对颗粒间的水体观察发现，其间隙水是清澈的，再对液面的浮渣搅动后，我们发现此部分浮渣也



具备粘性，不易在搅动后下沉。

我们在对 F/M 值进行观察时会发现，出现棕褐色稀薄的液面浮渣时，通常食微比值（F/M 值）偏低，一般在 0.05 以下，且持续了较长的时间。

（8）棕褐色且堆积过度的液面浮渣产生时的活性污泥各工艺控制参数的表现。

1）与丝状菌的关系。前已述及，对于堆积过度的棕褐色液面浮渣，重点要确认的是丝状菌膨胀的存在与否。常用确认方法是显微镜方面的直接观察确认和 SVI 值的判断。当然如果对活性污泥沉降比的观察比较了解的话，也可以通过沉降比的观察来确认的。

通过抑制丝状菌的增生，我们就能够改善棕褐色液面浮渣在生化系统的堆积了。

2）与活性污泥发生反硝化的关系。活性污泥发生反硝化后，大量活性污泥夹气上浮，我们就会发现生化池，尤其是二沉池会出现大量的液面棕褐色浮渣，随着时间的延长，堆积的浮渣会逐渐变厚，我们通过如下活性污泥工艺控制参数的确认来了解浮渣产生的原因。

首先是通过活性污泥沉降比观察确认，发生活性污泥反硝化的时候，活性污泥沉降比过程中同样能够看到，细小的活性污泥絮团向上浮起，堆积于液面而成浮渣，此时，对液面浮渣进行轻微搅拌后会发现，液面浮渣在排出气体后能够以较快的速度下沉，这说明活性污泥细小颗粒的上浮不是因为活性污泥本身黏度增高导致的。



另外，通过检测 C/N 来确认是否流入生化系统的污水、废水含有多量的氮。因为在碳源严重不足的情况下，活性污泥极易导致反硝化的产生，而为反硝化创造厌氧条件的部位在二沉池。为此解决这个问题就是要尽量避免碳氮比失衡，同时要保证曝气池出口的溶解氧不要太低，必要的情况下维持在 3.0mg/L 左右。

**二、浮渣、泡沫预防及控制对策**

在浮渣控制和预防方面，实践操作中我们也是需要重点确认的，现就主要控制思路分述如下。

1. 泡沫及浮渣产生的预防

在实践中发现导致泡沫及浮渣产生的原因可以分为两类：一类是污水、废水处理厂自身工艺控制问题；另一类是污水、废水处理厂以外的原因。

（1）污水、废水处理自身控制问题导致的泡沫及浮渣对应的预防措施。

1）活性污泥排泥不及时，污泥龄控制过长。这种情况下，活性污泥的老化导致的液面浮渣通常就是棕黄色稀薄的液面浮渣。为此，在平时的操作中就要注意对活性污泥老化的控制。经常通过 F/M 值和活性污泥沉降比，以及显微镜观察来进行确认，以便提前做出工艺调整。

2）活性污泥浓度控制过低，导致活性污泥负荷相对偏高。我们知道了负荷控制过高对泡沫的产生有比较大的影响，为此活性污泥浓度的控制是规避这种

情况的较好办法。确认活性污泥浓度是否过低的方法是显微镜观察是否发现非活性污泥类生物以及 F/M 值的经常复核，特别是当 F/M 值高于 0.5 时，我们一定要尽最大力量调整活性污泥浓度，以适应过高的进流有机物浓度。

3）丝状菌的未能有效控制。丝状菌不能有效控制，出现过量增殖，最终导致增殖的活性污泥裹入过量空气而形成液面浮渣，对应丝状菌的预防及措施将在随后的章节专门讨论。

4）曝气方式不正确。典型的就是长期过量曝气，由此对活性污泥的破碎作用比较明显，在经过多次破碎之后，活性污泥的菌胶团絮凝性能将会降低，游离的活性污泥颗粒解体后使得水体黏度增加，同时溶解性有机物浓度也增加。有鉴于此，预防工作重点在对活性污泥系统的溶解氧检测方面，特别是要使整个系统溶解氧值很好的控制在参考值范围内（即 2 ~ 3mg/L）。

5）营养剂投加相对不足。在能够导致活性污泥繁殖受到抑制的各种因素中，如同营养剂投加不足一样，活性污泥会发生解体或絮凝不佳，所导致的液面浮渣及泡沫现象也比较常见。规避这样的问题，重点是确认营养剂投加量是否合适，我们可以通过生化系统出水营养剂的含量来判断活性污泥系统对营养剂需求是否得到满足或过量。通常，营养剂投加量是否过量的判断基准是生化系统出水营养剂检测含量是否超过国家规定的一级排放标准。

（2）污水、废水处理厂以外的原因导致的泡沫及浮渣对应的预防措施。作为污水、废水处理厂的管理部门，我们在改善污水、废水处理厂内部的工艺和设施状况时的可控能力比较好。但是对于污水、废水处理厂以外的一些因素，往往控制和协调的困难比较多，如污水、废水产生单位的异常排放联络等，往往很难充分的协调，这给消除泡沫和浮渣产生的外部原因对策造成了较大的障碍。为此需要操作管理人员能够总结流程，规范制度和通报联络机制，确保最大范围内对即将流入污水、废水处理厂的废水性状、流量等能够有所提前了解。

（3）泡沫及浮渣消除的对策。除了前面谈到的找出原因施以对策外，我们对待泡沫浮渣的具体情况，还是需要强制进行清除，否则堆积过多的泡沫会污染环境，也会导致放流出水超标。常用的对策是用水喷洒泡沫和浮渣，实践中发现，通过喷洒水的方式，能够很好的消除泡沫的堆积，较之投加消泡剂等除泡药剂，洒水显得清洁而不增加二次污染。我们通常是将二沉池的放流水作为喷洒用水，通过水泵加压回流和喷洒点的消防喷淋头型设计，喷洒效果较好，这样的回流放流水喷洒，能够回用喷洒用水，所以也具备节水的效果，而且也不对生化系统造成影响。就浮渣的洒水效果，需要较长的时间才能看到对浮渣的冲散作用。但是我们知道，通过洒水除泡沫和浮渣是治标，治本还是要根据原因对策处理。



## 第五节　活性污泥随放流水漂出

**一、活性污泥随放流水漂出现象概述**

活性污泥随放流水漂出，从系统运行来讲，我们习惯的思维认为是二沉池存在问题，因为漂出的活性污泥来自二沉池出水，在巡检二沉池的时候，我们能够发现二沉池出水中含有细小颗粒的流出，特别是颗粒流出二沉池锯齿堰的瞬间能够清楚地观察到颗粒大小和数量。

通过在二沉池现场用量筒采集二沉池的出水，也同样可以直观的看到出水中的颗粒物质状况。当生化系统出水经常出现细小悬浮颗粒流出的时候，我们会在二沉池的出水堰上看到和活性污泥颜色相仿的生物膜。

**二、活性污泥随放流水漂出原因分析**

放流出水中有颗粒物质流出，就其问题产生的部位，10%的可能性是来自二沉池本身，而90%是来自曝气池。主要故障原因分述如下。

1. 冲击负荷的存在导致的活性污泥随放流水漂出

冲击负荷我们主要可以归结为两类：一类是污泥负荷；另一类是表面负荷。

（1）污泥负荷过高原因的分析。其中污泥负荷导致的放流出水所夹带的颗粒物质多半是活性污泥未沉降颗粒，因为活性污泥系统受到污泥负荷冲击时，活性污泥的活性增强，由于颗粒间的活性高而使得活性污泥颗粒间的絮凝性变差，既而出现多量细小的未絮凝活性污泥颗粒，这一部分颗粒最容易在二沉池内因为沉降不及时而流出池外，造成放流出水夹带颗粒物质，其判断要点是出水伴有混浊现象。



（2）表面负荷过高原因的分析。表面负荷过高理解要点还是进流水量过大，导致污水、废水和整个活性污泥在生化系统停留时间变短（活性污泥的停留时间变短可以理解为活性污泥在生化系统回流的速度加快），在活性污泥或未被活性污泥吸附的其他颗粒物质在二沉池停留时间变短的情况下，流出二沉池成为放流出水中所含颗粒物质产生的主要原因。

2. 活性污泥的老化导致的活性污泥随放流水漂出

活性污泥老化导致放流出水夹杂细小颗粒物质（通常为解絮的活性污泥颗粒）在实践中是最为常见的，为此确认活性污泥是否发生了老化就可以侧面验证现有放流水所出现的颗粒物质是否为活性污泥老化引起的了。导致活性污泥老化的常见原因如下。

（1）排泥不及时；

（2）进流污水、废水浓度过低；

（3）活性污泥浓度控制过高。

为了避免活性污泥老化导致的放流出水含有过多悬浮颗粒，必须通过每日

的活性污泥沉降比、活性污泥浓度、食微比等数据进行确认，以便及时调整活性污泥工艺控制参数，避免活性污泥发生过度老化。

3. 活性污泥中毒导致放流出水富含未沉降颗粒物质

就活性污泥中毒导致的放流出水富含未沉降颗粒物质问题，我们在理论上的理解是，活性污泥受到有毒物质的冲击及抑制后，正常代谢受到影响，导致部分外围活性污泥发生死亡，随即解体，部分溶解到活性污泥混合液中。在确认的时候重点观察活性污泥的生物相状态，如果原后生动物消失明显，同时伴有放流出水夹带悬浮颗粒，出水 COD 值上升明显的话，即可确认。因为受冲击解体的活性污泥，如果有溶解到活性污泥混合液内的话，一定会导致放流出水 COD 值升高明显（通常较正常时 COD 值会升高 10% 以上）。而单单出现活性污泥老化的话，虽然放流出水同样会有细小的颗粒物质随放流出水流出，但是检测放流出水的时候，我们发现此时的 COD 值并不会升高太多，通常也就比正常时提高 5% 左右而已。

4. 活性污泥在二沉池的沉降过程中出现反硝化现象时放流出水也会富含未沉降颗粒物质

活性污泥在二沉池的沉降效果好坏直接关系到活性污泥对污水、废水的处理效果。在实践中，我们往往会看到活性污泥因为自身沉降不佳的原因导致放流出水富含活性污泥絮团漂出，此时的 COD 检测值往往非常高，特别容易导致放流出水的超标，而活性污泥的反硝化现象恰恰会导致这种情况的发生。反硝化的出现，主要是由于活性污泥沉降到二沉池底的时候没有及时回流到曝气池，而活性污泥混合液离开曝气池时由于浓度过高且曝气严重不足时，加之活性污泥混合液中富含氨氮、有机氮等，在好氧阶段发生硝化反应后，即可在二沉池发生反硝化。反硝化过程产生的气体夹带已沉降的活性污泥上浮，导致二沉池出水夹带活性污泥颗粒，就此导致放流出水夹带颗粒物质。为此，控制曝气池末端的 DO 值和加大二沉池活性污泥的回流速度是非常有必要的，也是应对二沉池发生活性污泥反硝化的有效控制手段。

5. 生化系统进流废水富含颗粒物质最终导致放流出水含有未沉降颗粒物质

由于物化处理系统没有对污水、废水中的悬浮无机颗粒进行有效的去除，这些悬浮颗粒最终会流入活性污泥系统，但过量流入的时候，也会超过活性污泥的有效吸附量。当存在超过的部分时，我们就会发现在二沉池出现部分沉降的颗粒物质，此部分颗粒物质也就成为放流出水中夹带的颗粒物质了。

6. 曝气过度导致活性污泥解体对放流水富含颗粒物质的影响

曝气过度不但浪费能源，也不利于活性污泥的正常生长繁殖。曝气过量，活性污泥絮团极其容易在气泡切力和机械搅拌叶轮的切削作用下破裂。我们发现被打破的活性污泥絮团其打破次数越多，随后的絮凝能力越弱，并最终导致这些被打碎的活性污泥絮团不具备絮凝能力。由此悬浮在活性污泥混合液内，



在二沉池发生不沉降也就非常能够理解了。

**三、活性污泥随放流水漂出时各工艺控制指标的表现**

1. 冲击负荷的存在导致的活性污泥随放流水漂出时各工艺控制指标的表现

这里衡量冲击负荷是通过污泥负荷和表面负荷来衡量的，而运用最多的是污泥负荷，因为在处理水量没有超过设计值时，往往负荷影响多见于污泥负荷。

我们认为F/M值超过0.5时，可以判断活性污泥出现了比较明显的冲击负荷，由此就会产生一系列证明发生冲击负荷的表现。

(1) 活性污泥沉降比表现。沉降缓慢，上清液弥漫性混浊，表现在二沉池的沉降性上也是如此，不但出水含有细小颗粒，整个二沉池出水清澈度也有明显影响。过量活性污泥负荷是弥漫性混浊的主要特征，这与活性污泥老化表现的混浊是完全不同的。

(2) 溶解氧供需量表现。出现冲击负荷的时候，在曝气量较之前保持不变的情况下，在曝气池监测到的溶解氧却是明显偏低的，大多偏低30%以上。此时，受冲击负荷的影响，放流出水夹带颗粒物质也就出现了。

(3) 活性污泥增长量表现。在活性污泥增长量方面，受负荷冲击的影响，活性污泥会出现对数增长态势，活性污泥量增长迅速，通常每天会有20%以上的总量增幅。在这种情况下，由于活性污泥的活性过高而导致未沉降颗粒的出现，对放流出水夹带颗粒物质流出的影响就比较明显。



(4) 显微镜生物相方面表现。显微镜观察对生物相组成的分析，能够非常简便的确认负荷冲击是否存在，继而给因为负荷冲击导致的放流出水夹带颗粒物质提供参考。典型的是通过对菌胶团形状、细密程度以及非活性污泥类原生动物的观察来进行确认。通常受冲击的活性污泥菌胶团的形状细小、细密、松散，同时非活性污泥类原生动物大量出现，加剧了活性污泥细小颗粒的不絮凝和悬浮状态的存在，由此导致放流出水中夹带颗粒物质。

2. 活性污泥的老化导致的活性污泥随放流水漂出时各工艺控制指标的表现

活性污泥老化导致放流出水夹带颗粒物质，在日常运行中是较为常见的。因为目前在运行的污水、废水处理厂大部分存在进水浓度不高，运行负荷没有达到设计负荷的情况，加之运行操作不当，出现活性污泥老化导致的放流出水夹带颗粒物质就比较常见了。我们认为F/M值低于0.04，同时持续时间超过1个月的，活性污泥出现老化的情况就比较普遍，对应的各工艺控制指标变化主要表现在：

(1) 活性污泥沉降比表现。通过活性污泥沉降比的观察，可以较为准确的还原二沉池的沉降状况。通常沉降比观察后期出现的未沉降颗粒，就会成为二沉池出流水夹带颗粒物质的提示。而与此同时，活性污泥沉降比会表现出沉速加快（3min内完成90%的沉降过程）、活性污泥压缩性增加（$SV_{30}$值低于8%）、沉降污泥颜色过深（呈深棕色）等情况。

（2）溶解氧供需量表现。溶解氧在导致放流出水夹带颗粒物质方面，常见的是曝气过度导致活性污泥解絮，放流出水夹带颗粒物质。当然也有曝气增加而检测到的 DO 值不见增加的情况。对冲击负荷确认后，观察到的放流出水夹带颗粒物质问题便可通过曝气量和 DO 值情况进行确认了。而我们在观察活性污泥老化导致的放流出水夹带颗粒物质问题上，最多观察 DO 值的变化情况是在曝气量较小（同比前期）的情况下，往往出现曝气池溶解氧过高的现象（通常 DO 值高于 3.5mg/L）。主要原因还是出现活性污泥老化后，活性污泥总量会较前期降低，待处理有机物总量不足，相应消耗的溶解氧也会降低，综合底物浓度和活性污泥浓度皆对溶解氧的需求有所降低，我们就会发现小量曝气也能出现高溶解氧值了。

（3）活性污泥增长量表现。在活性污泥处于老化阶段的时候，部分活性污泥颗粒解体流出二沉池，加之底物浓度的不足，总体活性污泥浓度会较前期有所降低。也就是说从活性污泥浓度方面来讲，我们不会发现在放流出水夹带颗粒物质的时候，活性污泥浓度能够得到提升。相反在加大活性污泥排泥浓度的情况下，曝气池活性污泥浓度下降速度较前期（正常时期）明显变快。

（4）显微镜生物相方面表现。显微镜在确认活性污泥老化方面具有比较好的确认效果，特别是在菌胶团的形态上来进行判断，不但能够揭示活性污泥的老化程度，也能概要了解悬浮在上清液中的颗粒物质的具体性质（是解体污泥还是无机颗粒）。当显微镜能够观察到单体未絮凝颗粒的时候，通常二沉池放流出水夹带颗粒物质的情况是非常有可能的。对于大量轮虫的出现，我们可以理解为，单体未絮凝颗粒物质为轮虫提供了便利的捕食对象，使得其占优势存在。

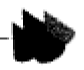
**3. 活性污泥中毒导致放流出水富含未沉降颗粒物质时各工艺控制指标的表现**

在受到有毒或惰性物质流入影响时，活性污泥死亡或絮凝性能降低导致的放流出水夹带颗粒物质，同样在活性污泥多个工艺控制指标中有所表现。

（1）活性污泥沉降比表现。受到有毒物质的冲击后，活性污泥沉降比通常表现出上清液混浊、沉降活性污泥颜色暗淡等中毒现象。而导致活性污泥上清液混浊的情况，同样会使得放流出水内夹带颗粒物质。我们在整个活性污泥沉降过程中可以看到上清液始终处于混浊状态，与活性污泥的沉降时间关系不大。

而受到惰性物质的冲击后，活性污泥的沉降异常快速，上清液也同样出现混浊状态，但其混浊程度要比中毒后的活性污泥沉降上清液略好，上清液内的颗粒物质要比中毒后的上清液内悬浮的颗粒物质大。

（2）溶解氧供需量表现。中毒和惰性物质对活性污泥的影响，除了能够较大程度的影响放流出水的颗粒物质含有量外，溶解氧值方面会表现为溶解氧较正常时期升高，即同等曝气力度范围内的曝气池溶解氧值含量比平时高。主要原因是活性污泥的死亡使得需要溶解氧支持的微生物数量减少，对应的溶解氧



需求也就减少，曝气池溶解氧值的增高也就是必然了。

（3）活性污泥增长量表现。受有毒及惰性物质的抑制，活性污泥增长也会明显受限，表现在新增活性污泥的不可见，MLSS检测值呈逐渐下降趋势。活性污泥浓度被动下降的期间，正是活性污泥解体持续期，对应的放流水夹带活性污泥颗粒也最为明显。在活性污泥没有受到毁灭性冲击的情况下，消除有毒或惰性物质后，活性污泥将进入恢复期，通常在1周内能够恢复正常。但是活性污泥同样遵循恢复期的一些规律，因此活性污泥恢复过程中除了仍然有死亡的活性污泥解体存在，更多的是活性污泥增长过程中活性过强导致的放流水夹带颗粒物质。

（4）显微镜生物相方面表现。被冲击的活性污泥，由于毒性物质对原后生动物的毒杀作用相对明显，所以我们通常看到的是，在整个观察视野内，没有一个原后生动物被发现。而对菌胶团而言，虽然其团体抗冲击能力较强，但是同样会发现在菌胶团外围的部分与菌胶团中心部分的区别，特别是在菌胶团的紧密性方面。

而惰性物质的冲击，我们通常理解的是无机物对活性污泥的冲击，因此通过显微镜观察可以发现菌胶团内夹杂的无机颗粒。这些无机颗粒形状多半呈透明状，不具备活性污泥颗粒的深褐色状，所以鉴别较为容易。

4. 反硝化现象导致放流出水富含未沉降颗粒物质时各工艺控制指标的表现



反硝化现象的发生，对放流出水夹带颗粒物质的影响较大，而且上浮的活性污泥颗粒较大，流失速度快，对活性污泥总量变化的影响较大。我们在二沉池上观察整个沉淀池液面也能很好的发现，活性污泥的上浮发生在整个二沉池液面，同时，出水堰侧也能明显的看到棕黄色颗粒物质的流出。就此种现象发生时，活性污泥侧其他工艺指标的变化主要表现如下：

（1）活性污泥沉降比表现。由于活性污泥沉降比是模仿二沉池整个沉降过程的，因此可以通过活性污泥沉降试验的整个过程来了解和发现活性污泥反硝化现象的存在。通常我们观察到的活性污泥沉降试验中活性污泥都是由上往下沉降的，但是活性污泥的反硝化却是相反，活性污泥出现先沉降后上浮的现象，上浮的活性污泥经过搅拌后又会下沉。那么，我们观察到的这部分上浮过程中的活性污泥即成为放流出水夹带的颗粒物质了。

（2）溶解氧供需量表现。活性污泥反硝化发生的前提是沉降的活性污泥出现缺氧状态，为此就溶解氧方面的确认而言，主要是活性污泥流出曝气池时其溶解氧值的情况了。如果流出曝气池的活性污泥混合液溶解氧值低于0.5mg/L，并且碳氮比严重失衡的话，停留在二沉池的沉降活性污泥就会出现上浮的现象。此时，对二沉池各点进行检测就会发现二沉池各点溶解氧值显示为零。

（3）显微镜生物相方面表现。显微镜观察方面能够得到的指征作用并不明显，特别是原后生动物变化不会明显，我们对上浮的活性污泥检测结果也是如

此。只是在对活性污泥的菌胶团结构观察时能够观察到菌胶团内存在的细小气泡，这些气泡就是导致活性污泥上浮的根本原因。这些气泡是在活性污泥反硝化过程中产生的，较之因曝气过度产生的活性污泥上浮，就上浮活性污泥颗粒大小而言，反硝化导致的活性污泥上浮颗粒直径要大于曝气过度导致的活性污泥上浮颗粒。

5. 曝气过度导致的放流水富含颗粒物质时对应的各工艺控制指标的表现

曝气过度导致的放流水夹带颗粒污泥，就整个二沉池液面表现而言，我们通常看到的是整个曝气池水体内分布较多细小的颗粒物质，颗粒间水体朦胧。同样，需要验证是否由于曝气过度导致的放流水夹带颗粒物质的问题，也可以通过其他活性污泥工艺控制指标来进行确认。

(1) 活性污泥沉降比表现。整个沉降过程中，上清液内的细小颗粒较多，既有下沉的，也有缓慢上浮的，且颗粒间水体呈现朦胧的感觉。主要原因是，活性污泥被过度曝气后，活性污泥絮体分解严重，絮体颗粒在细小到一定程度后，我们在观察整个上清液水体时就会有一种朦胧感。而稍大一点的颗粒就成为放流出水中所夹带的颗粒物质了。

(2) 溶解氧供需量表现。溶解氧的检测能为放流水夹带颗粒物质是否来源于曝气过度提供比较直接的证据，特别是在长期高曝气低负荷的情况下，能够比较容易的确认。

(3) 显微镜生物相方面表现。显微镜观察方面，重点还是确认活性污泥菌胶团的大小以及菌胶团内是否有被曝气鼓入的细小空气气泡，这些方面的讯息也可以让我们对是否曝气过度导致放流水夹带颗粒物质进行有效证明。

**四、放流水夹带颗粒物质现象的处理对策**

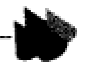
就放流水出现夹带颗粒物质的现象，主要是围绕原因进行处理，主要分述如下。

1. 曝气过度导致的放流出水夹带颗粒物质

通过降低曝气量的方法自然是能够缓解放流出水夹带颗粒物质的问题，但是我们在实践中往往还是经常看到曝气过度的情况，这主要是操作人员对设备关心不足，人员培训后的系统意识不强。但是，我们也发现由于排泥过度、进水负荷过低、进流污水、废水流量波动过大等情况，同样会在曝气量保持不变的情况下出现曝气过度现象，这就要求操作管理人员具备较高的操作管理能力，才能保证生化系统处在一个相对稳定的环境下运转。

2. 有毒物质和惰性污泥的对应策略

就有毒物质的流入，我们首先要做的是避免其发生，即使发生了，也要在浓度上尽量进行控制。我们可以通过加大二沉池的回流活性污泥水量和物化段调节池的功能来实现，同时提前提高活性污泥的浓度来应对有毒物质的流入也较为有效。



惰性物质的流入，本身对活性污泥的影响不会太快，大多是长期积聚会导致活性污泥的沉降性能下降，继而出现放流出水受影响的问题。主要应对策略是强化排泥的力度，特别是排泥的连续性。当然，强化前段物化段对悬浮颗粒的混凝沉淀效果是规避无机颗粒类惰性物质流入生化系统的主要对策，也是规避活性污泥活性降低导致放流出水夹带颗粒物质的有效举措。

以上毒性和惰性物质的问题，只要对活性污泥产生了影响，其中必须要做的一项共同措施就是排泥，通过略高于正常排泥20%的速度来置换掉受到抑制的活性污泥，通过新生活性污泥的更新来达到快速恢复活性污泥的能力。

3. 活性污泥反硝化防止对应的策略

反硝化导致的放流出水夹带颗粒物质，就预防原理上而言，重点是提高曝气池出口段活性污泥混合液溶解氧的含量，保证沉降到二沉池底的活性污泥在短时间内不会发生缺氧或厌氧状态。另一方面是通过提高底物浓度降低进流水中的含氮量来避免因为碳氮比失衡导致的反硝化现象发生。

由于反硝化现象发生后，活性污泥流失较快，如果不及时维持系统中活性污泥的量会构成较大危险。为此我们可以应对的快速方法就是上面提到的迅速提高曝气量，保证流入二沉池的活性污泥混合液具备充足的溶解氧含量。

4. 活性污泥老化导致的放流出水夹带颗粒物质应对策略

在已知活性污泥老化的情况下，对如何有效阻止因为活性污泥老化导致放流出水夹带颗粒物质的问题上，重点要把握的是食微比值的控制值，也就是避免活性污泥长期低负荷的运行。为了做到这一点，可以通过增加入流污水、废水的底物浓度和降低活性污泥浓度来达到减轻活性污泥老化的目的。



5. 冲击负荷导致放流出水夹带颗粒物质的对策

冲击负荷应对策略重点是降低冲击程度方面，为此可通过物化区的调匀水质和调节水量来实现，使得处理水的均匀性得以保证。另外，提高活性污泥浓度来抗击冲击负荷方面也有较好的效果。当然在应对水力负荷冲击的时候，也可以将回流活性污泥的流量降低来减轻污水、废水对曝气池的水力冲击。

## 第六节　活性污泥上浮

### 一、活性污泥上浮现象概述

在二沉池中，有时会发生活性污泥不沉淀，并随水流失或混凝成块从水下浮起的现象，这将直接导致放流出水的恶化。这种问题除了设计上的一些不足能够导致外，管理上也是有不少原因。

### 二、活性污泥上浮原因分析

导致活性污泥上浮并影响出水水质的情况主要有三种：污泥腐化、污泥脱氮、污泥膨胀。具体这三种情况导致的活性污泥上浮原因分述如下。



1. 污泥腐化导致污泥上浮的原因

通常发生污泥腐化的原因主要集中在操作不当，曝气量过小方面。二沉池的活性污泥可能由于缺氧而发生腐化，即造成厌氧分解，产生大量气体，并导致活性污泥上浮。

2. 污泥脱氮导致的污泥上浮原因

前已述及，当对曝气池内混合液曝气时间过长或曝气量过大时，在曝气池内将发生高度硝化作用而使曝气池混合液内含有较多的硝酸盐（特别是当进入曝气池的污水、废水中含有较多的氮化合物时）。这时，曝气池混合液流到二沉池后就可能由于反硝化而使污泥上浮。这里再说明一下反硝化含义：所谓反硝化是指硝酸盐被反硝化细菌还原成氨和氮的作用（而反硝化作用一般在溶解氧低于 0.5mg/L 时发生）。这时反硝化产生的气体在上升时被活性污泥吸附，由此夹带活性污泥一起上浮。我们在试验中发现，如果让硝酸盐含量高的混合液静止沉淀，在开始的 20 ~ 90min 左右，活性污泥可以沉淀的很好，但不久，就会发现由于反硝化菌的作用所产生的气体，在活性污泥中会形成小气泡，导致吸附了气泡的活性污泥比重降低，并最终出现整块的上浮或象雪花般全面上浮。我们在确认活性污泥沉降性能的时候常用的方法是活性污泥沉降比试验，而由于污泥反硝化作用表现的比较隐蔽，试验中在 30min 内有时不一定看得到，因此需要特别注意的。

3. 丝状菌膨胀导致活性污泥上浮的原因

丝状菌导致活性污泥上浮的原因归根结底还是活性污泥絮团内夹杂了过量的细小气泡，导致活性污泥比重降低，在二沉池中进行泥水分离的时候达不到有效的分离效果，最终出现活性污泥上浮的现象。只是出现上浮后如果在出水堰挡板部位发生堆积的话，就容易形成浮渣。

**三、活性污泥出现上浮时各工艺控制指标的表现**

活性污泥出现上浮，其具备的一个共同特点是活性污泥内夹带了气泡，为此我们无一例外的发现，在上浮的活性污泥内都能找到细小气泡的存在。主要确认方法有：

1. 显微镜观察

通过显微镜对活性污泥菌胶团观察会发现菌胶团内有细小的光亮点，这是由于菌胶团内吸附的细小气泡在光线的照射下所表现出来的折光效果。

2. 肉眼观察

在已经浮起的活性污泥内，我们通过肉眼有时也能看到菌胶团内富含细小气泡，特别是活性污泥浮到液面后，在阳光的照射下，气泡受热而膨胀变大，更容易被肉眼看到。

3. 活性污泥沉降比观察

活性污泥沉降比在还原活性污泥在二沉池中的沉降情况，同样可以发现已



沉降的活性污泥出现气泡，并且随着气泡的长大，活性污泥开始上浮。

4. 综合表现

我们既然分析了活性污泥上浮与丝状菌膨胀、活性污泥腐化、活性污泥脱氮等原因有关，那么出现活性污泥上浮同样会出现导致这三种主要原因的故障点，比如曝气不足导致的污泥腐化、碳氮比失衡导致的污泥反硝化、水质成分单一导致的丝状菌膨胀等问题，这些就需要一线管理和操作人员利用综合分析方法很好的掌握了。

**四、活性污泥随放流水漂出现象的处理对策**

在明确发生活性污泥上浮的原因后我们就可以针对性的采取对策了，具体分述如下：

1. 对于反硝化问题的处理对策

(1) 增加污泥的回流量或及时排放污泥，以减少沉淀池中的污泥量。

(2) 减少曝气量或曝气时间，使得硝化作用降低。当然也可以提高曝气池出口混合液溶解氧含量，保证在二沉池的活性污泥不会因为缺氧而发生反硝化作用。

(3) 减少沉淀池的进水量，以减少二沉池的污泥量，当然加大活性污泥回流也是较好的方法。



2. 活性污泥腐化问题的处理对策

出现供氧跟不上无非是与曝气设备故障没有解决、培养的活性污泥浓度过高、进流污水、废水浓度过高等因素有关。对策主要根据这三方面进行，如保证曝气设备的低故障、降低活性污泥的浓度、避免活性污泥负荷的冲击等。

3. 丝状菌导致的污泥上浮问题处理对策

丝状菌的处理是系统的工程问题，将在下面的章节重点说明。

## 第七节　丝状菌膨胀

**一、活性污泥丝状菌膨胀现象概述**

正常的活性污泥沉降性能良好，含水率一般在99%左右，但活性污泥发生变质的时候，活性污泥就不容易发生沉淀，特别是丝状菌膨胀发生时，其含水率会上升，体积发生膨胀，上清液体积减少，活性污泥颜色发生异变，通常就可以确认活性污泥丝状菌膨胀存在的状态了。通过SVI值的确认，我们能够比较直观的对活性污泥的膨胀程度进行量化。

活性污泥的膨胀主要是由于大量丝状菌在活性污泥内繁殖，使活性污泥过度松散，密度降低所致。另外，实践中我们发现，真菌的繁殖也会导致活性污泥膨胀的发生。

## 二、丝状菌与正常菌胶团的比较

丝状菌与正常菌胶团在多个方面区别显著，分述如下。

### 1. 对氧和底物浓度的要求不同

丝状菌和真菌生长时需要有较多的碳源，对氧和磷的要求较低。特别是对氧的要求，与菌胶团区别明显。菌胶团要求有较多的氧（至少在0.05mg/L以上）才能很好的生长，而真菌和丝状菌在微氧环境中也能很好的繁殖。由此我们就发现在氧不足的情况下，丝状菌类能大量繁殖而菌胶团的有效繁殖就会受到抑制。

### 2. 在毒物抵抗能力方面

在毒物抵抗能力方面，丝状菌和真菌也有差别，如对抗氮的冲击能力方面，丝状菌不如菌胶团的抗冲击能力。所以，在具备脱氮除磷功能的运行工艺中丝状菌膨胀现象很少发生。

### 3. 在pH值适应性方面

菌胶团生长适宜的pH值范围是6~8，而真菌却是在4.5~6.5之间能够较好的生长，所以当pH值处于偏低状态时，菌胶团生长将受到抑制，而真菌的数量就有可能大大增长，同样的情况在丝状菌的繁殖方面也起到了推动作用。

### 4. 在温度适应性方面

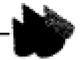
我们发现丝状菌较正常菌胶团的体积具有明显的优势，因此其在营养物质的摄取方面能力要强于菌胶团。为此，在高温季节，丝状菌的繁殖将大大高于菌胶团的繁殖速度和能力，所以在夏季更容易发生丝状菌膨胀，在冬季往往能够将丝状菌控制在安全的范围内。

### 5. 对低负荷环境的适应能力

我们都已经了解到，正常活性污泥在低负荷状态下会发生活性污泥老化现象，并最终影响到活性污泥对有机物的去除效果。而我们在观察丝状菌对低负荷环境的适应能力方面却发现丝状菌非常能够耐受低负荷环境状态，在低负荷状态下，活性污泥正常菌胶团繁殖开始受限制，甚至出现老化解体，但是丝状菌却可以依靠其巨大的比表面积维持其生长繁殖。

### 6. 营养物质的影响

低负荷导致的丝状菌膨胀可以理解，但是这里也要说明的是，在高负荷情况下，并不是说就不会发生丝状菌膨胀了，特别是进水中碳氢物质含量过高，而配备的其他营养元素不足的情况下尤为如此。究其原因也很简单，正常菌胶团生长繁殖需要必备的营养剂作为补充，特别是氮磷元素，而相比情况下，丝状菌对此部分营养剂要求不高，且其摄取能力较菌胶团具备明显的优势。为此，从生长条件可以发现丝状菌会优势于菌胶团生长。



三、丝状菌膨胀判断要点

1. 丝状菌膨胀程度分类

为了便于掌握丝状菌的膨胀程度，我们需要给丝状菌的膨胀提供分类衡量标准，通常分类如下：即轻度膨胀、中度膨胀、高度膨胀、极度膨胀。

（1）轻度膨胀。轻度膨胀的丝状菌主要是表现在丝状菌膨胀初期和丝状菌受到抑制的状态下产生的。在显微镜观察方面，我们可以发现菌胶团结构没有受到影响，丝状菌散落在菌胶团内部，彼此间不存在相互粘结。

（2）中度膨胀。中度膨胀的丝状菌主要是表现在丝状菌向恶化方向发展，活性污泥沉降时间延长，在显微镜观察下，我们可以看到有较多的丝状菌体伸出菌胶团，部分丝状菌出现成团生长。这样状况下，我们将丝状菌的膨胀程度定义为中度膨胀。

（3）高度膨胀。高度膨胀的丝状菌主要是表现在丝状菌占优势生长，活性污泥受丝状菌的影响变得松散，以散落状存在，大量丝状菌伸展出菌胶团，丝状菌都以成团的形式存在。我们在高度膨胀的丝状菌生物相中看到的是丝状菌占优势存在，而活性污泥稀少而零散。

（4）极度丝状菌膨胀。极度丝状菌膨胀的表现是几乎看不到较大的絮凝活性污泥菌胶团，而丝状菌大量繁殖，交错存在的丝状菌占据了整个可观察视野。



2. 丝状菌膨胀的判断依据

确认丝状菌是否发生膨胀有很多的方法，判断的方法也各有特点。在尽早确认是否发生丝状菌方面，我们需要有效可靠的观察和分析方法。只有尽早地发现丝状菌膨胀的存在，才能提早发现问题，分析原因并采取有效措施进行应对。就判断方法分述如下。

（1）活性污泥沉降比观察判断丝状菌膨胀状态。前已述及，活性污泥沉降比是确认活性污泥系统运行状态的重要检测和控制指标，能够通过活性污泥沉降比发现大量的运行问题，包括丝状菌膨胀方面。

丝状菌膨胀的直接后果是活性污泥的沉降压缩性变差，活性污泥的含水率提高。表现在活性污泥沉降比的整个过程中可以发现：活性污泥沉降时间延长，沉降速度变慢。就不同膨胀程度的活性污泥，主要沉降特征如下。

1）丝状菌轻度膨胀时的活性污泥沉降表现。轻度膨胀的丝状菌在活性污泥的沉降比表现中不太明显，通常较正常时的沉降性略差，主要表现在沉降后的活性污泥压缩体积占整个混合液的体积数会增高，一般，正常的活性污泥沉降比在10%～30%之间，轻度丝状菌膨胀的活性污泥其沉降比通常会在25%～40%左右。从活性污泥的色泽上观察，较正常时区别不大，仍然表现为棕褐色。沉降初期的活性污泥絮凝性方面，其絮凝速度会低于正常性能的活性污泥絮凝速度，絮凝时间约会延长2～4倍（正常的活性污泥，其初期絮凝性能极佳，

1min 内可完成絮凝过程）。

2）丝状菌中度膨胀时的活性污泥沉降表现。丝状菌发生中度膨胀的时候，我们在活性污泥沉降比观察中是能够很明显的观察出来的。首先是活性污泥的色泽上，因为活性污泥发生中度膨胀，活性污泥的相对体积膨胀就比较明显了，在含水率增加的情况下，活性污泥的颜色将变淡，所以，无论是观察絮凝的活性污泥还是已沉降的活性污泥，其色泽都偏淡。在沉降速度方面，由于丝状菌的膨胀，活性污泥絮凝性能降低，所以从絮凝开始到自由沉淀、集团沉淀、压缩沉淀，各阶段耗时都将延长。特别是压缩沉淀阶段，表现的更加明显，在压缩阶段的沉淀时间（正常压缩沉淀阶段耗时在 6～8min 基本完成）将是正常的压缩沉淀时间的 2 倍。在沉降比数值方面，中度丝状菌膨胀，活性污泥最终沉降比在 40%～60%左右。在没有冲击负荷的情况下，对出水的影响还不大。

3）丝状菌高度膨胀时的活性污泥沉降表现。丝状菌发生高度膨胀的时候，活性污泥的泥水分离效果就变得非常差，在前 15min 我们看不到明显的沉降效果，活性污泥表现出高度的细密状态，颜色鲜艳而浅淡。对沉降的活性污泥最上层面观察，有明显的白色，这是由于丝状菌高度膨胀后，活性污泥的数量已经被严重抑制，取而代之的是大量的丝状菌体，而丝状菌体的基本色是呈透明白色。由于活性污泥处于高度膨胀状态，活性污泥的自由沉淀、集团沉淀、压缩沉淀区分不明显，特别是压缩沉淀阶段，由于丝状菌的大量繁殖，几乎没有因为活性污泥的相互吸附导致的活性污泥压缩现象，相反地，只能依靠丝状菌的自身少量压缩性来表现高度膨胀的活性污泥状态所具备的压缩性。因此，从沉降比值观察的结果可以看到，高度膨胀的活性污泥沉降比值在 90%左右。此时，活性污泥在二沉池的沉降就显得非常的困难了。因此，在活性污泥高度膨胀阶段，已经可以观察到少量活性污泥流出二沉池了，同时在整个二沉池水平面上，扬起的活性污泥絮团将非常的多而明显。

4）丝状菌极度膨胀时的活性污泥沉降表现。丝状菌发生极度膨胀的情况对整个生化系统来讲是灾难性的，因为在丝状菌极度膨胀的情况下，活性污泥的沉降比通常是 100%，也就是在 30min 内没有沉降，此时的活性污泥混合液细密，颜色浅淡，整体泛白色，通常在沉降后的 1h 内才能看到 99%的沉降比。这样的结果对二沉池而言压力是巨大的，常常在轻微的负荷冲击下，活性污泥即大量流出二沉池，使得出水极度超标。当然在大量活性污泥流出的情况下，活性污泥浓度会迅速降低。所以活性污泥内发生丝状菌极度膨胀的时候，不但是出水超标，同样活性污泥浓度也会大受影响，继而有可能导致系统崩溃。

（2）污泥容积指数判断丝状菌膨胀状态。污泥容积指数在判断活性污泥的膨胀状态方面具有较好的作用，特别是对轻度和中度丝状菌膨胀方面，在区别一些干扰因素方面具有独特的作用。尤其是我们在活性污泥沉降比观察时发现



沉降比值大于40%的时候，如果没有排除活性污泥浓度过高这种情况时，容易误判断。而污泥容积指数值却可以很好的避免这种情况的发生，因为活性污泥容积指数的计算公式中分母即为活性污泥浓度值，本身活性污泥的浓度值也就被考虑在了污泥容积指数的计算中了。

对不同膨胀阶段的丝状菌来讲，污泥容积指数值是不同的。我们通常认为污泥容积指数值在50～150之间是正常的。对于工业废水而言，可以将该值放宽到50～200之间。但活性污泥发生轻度丝状菌膨胀的时候，污泥容积指数可以上升到250左右；在中度丝状菌膨胀阶段，污泥容积指数在300～350之间；在高度丝状菌膨胀状态，污泥容积指数在500～700左右；而极度的丝状菌膨胀，由于活性污泥的沉降比100%，因此也就失去了计算污泥容积指数的意义了。

以上是两种常用的非显微镜判断丝状菌存在及膨胀状态的常用方法，就对丝状菌膨胀的确认，最有效的方法还是首推前面讲到的显微镜观察法。

3. 丝状菌膨胀原因分析

丝状菌膨胀原因方面的分析，我们在讲述丝状菌与菌胶团的区别时也进行了一定的阐述，接下来就其基本原因进行说明。

（1）活性污泥系统外围环境的影响。就丝状菌的产生，外围原因的影响是首先需要考虑的，因为外围原因不去除，活性污泥工艺控制再努力，其效果也是有限的。常见的外围原因如下：



1）活性污泥接种感染丝状菌。由于活性污泥中的丝状菌和菌胶团对各种环境要求区别不大，导致滋生丝状菌后很难在活性污泥内得到去除。为此在接种活性污泥进行培养的时候一定要注意，不要将已经发生丝状菌膨胀的活性污泥作为接种污泥，以免给后续的活性污泥系统带来不必要的麻烦。

2）进水水质成分影响。就进水水质成分影响方面，我们平时注意的不是太多，但是对多个易爆发丝状菌膨胀的污水、废水处理工厂进行调查后发现，这些污水、废水往往具备一个同样的特征，就是进水成分单一，水质成分缺少必要的补充元素，通常是某种水质成分占据主导地位，而其他元素几乎不含有。这种情况特别容易发生在工业废水中，而以居民生活污水为主的污水处理厂，此种情况少见。

在工业废水成分单一的情况中，尤其是高碳氢化合物情况下，发生丝状菌膨胀更常见。无一例外的此种工业废水缺少营养剂及其他微量元素的供给，只突出表现在易降解的高有机物浓度方面。

（2）活性污泥系统内部控制不佳。就活性污泥内部控制不佳的解释，我们重点理解的是活性污泥工艺控制方面的不足。具体表现在如下方面。

1）长期低负荷运行。低负荷运行本身对正常的活性污泥菌胶团而言是不利的，特别是因为低负荷运行导致活性污泥发生老化的时候。由于活性污泥的解体，会导致活性污泥系统处于一个相对生长繁殖受抑制的阶段。而在活性污泥

中滋生下来的丝状菌却对低负荷运行具有较好的耐受能力，主要原因是丝状菌体可以直接利用体表来摄取有机物，并作为其能量来源，且丝状菌的比表面巨大，其吸收污水、废水中有机物的能力高于均菌胶团。

2）长期低溶解氧或局部缺氧运行。我们虽然在实际运行中强调丝状菌在缺氧环境中的生长耐受能力是低于菌胶团的，但是，如果厌氧或缺氧程度和时间没有达到一定程度的时候，反而会出现丝状菌的生长优于活性污泥的情况。为此，在曝气池的管理上应该确认是否有曝气死区和长期低溶解氧运行的情况存在。

3）营养剂投加失衡。对于活性污泥的正常繁殖所需要的元素成分中常见的是碳、氢、氮、磷、氧，但是，铁、锰、等微量元素也是必不可少的。我们也发现在高浓度含氮废水的污水、废水处理厂，很少看到有丝状菌膨胀发生，说明一方面含高氮污水、废水对丝状菌有抑制作用，同时也说明了营养剂是否充足对微生物的影响。

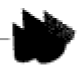
4）酸性废水环境对丝状菌的诱发作用。酸性废水能够导致丝状菌的膨胀，在业界常被提及，通常在 pH 值不高于 6.5 的环境中丝状菌比较容易诱发，但这也只是一个诱发因素，也就是说没有其他条件的共同作用，单单低 pH 值的影响是有限的。就其诱发性，我们主要还是认为，低 pH 值污水、废水不利于活性污泥菌胶团的生长，而丝状菌对这样的环境却能够较好的适应，恰恰基于这个原因，我们对活性污泥中的丝状菌通过提高 pH 值的方法去观察，发现在 pH 值在 10 左右的时候，丝状菌被抑制程度要高于菌胶团。也就是说丝状菌不耐受高 pH 值污水、废水，但却能够耐受较低 pH 值的污水、废水。有鉴于此，我们在杀灭丝状菌的方法中经常会利用这一丝状菌的特性进行对策。

4. 丝状菌膨胀时各工艺控制指标的表现

前面已述及，丝状菌膨胀除了外部原因中的接种活性污泥时引发的丝状菌膨胀和进水成分单一导致的丝状菌膨胀外，更多的，也是比较可控的是活性污泥系统工艺控制参数控制不佳导致的丝状菌膨胀。就这种情况，我们在各工艺控制指标上是能够明显的找出异常点的。主要在如下几方面有所表现。

（1）低负荷状态下的食微比值表现。如果是因为食微比值控制过低导致的丝状菌膨胀，通常是食微比（F/M 值）在 0.05 左右运行了较长的时间（半年左右），活性污泥处于老化边缘，这样的环境就为丝状菌的膨胀提供了一个很好的生长代谢环境。因为此时的活性污泥生长受负荷的影响处在减速增长期，代谢繁殖大大减弱了，就生物相而言，此时的活性污泥是非常容易将生物相的优势地位让给丝状菌的。

（2）缺氧和局部厌氧状态的存在。我们通过对整个曝气池的溶解氧检测，发现在曝气池首端检测到的溶解氧值非常低，有时甚至是 0 值，主要原因是刚进入曝气池的废水，被曝气时间不足，所曝时间内还不能将源源不断的进流污



水、废水进行足量曝气。同时，刚进入曝气池的污水、废水浓度在整个曝气池方向是最高的。对活性污泥分解有机物来说，其食物源没有受到抑制，也就对溶解氧的需求量大增，而低溶解氧或局部缺氧恰恰抑制了活性污泥在首端的降解能力的发挥。因此，在曝气池首端反而为丝状菌的增殖提供了条件。特别是在曝气故障的缺氧和厌氧区，可能是滋生丝状菌的源头。如果有这样的情况存在，就会给我们调整工艺控制参数造成相当的麻烦。

我们曾经发现过在表面曝气的生化系统中，首端曝气机发生了故障，7 个月没有修复，在这阶段，该曝气池滋生了大量的丝状菌，调控人员进行了多种方法调控工艺控制参数，但是效果不佳。而当该曝气机修复投用后，很快地，丝状菌受到了明显的抑制，在 2 个月后丝状菌膨胀程度转为轻度膨胀状态。

（3）进水成分单一的影响。在工业废水处理中经常看到丝状菌膨胀现象，经过统计，在食品加工废水、造纸废水中，更加容易爆发丝状菌膨胀。分析发现，这些废水中的有机物可生化性很强，而无一例外的是其他微量元素短缺。为了规避营养剂及微量元素的短缺情况，工艺中有添加营养剂的系统来补充氮磷，但是补充的均匀性和其他微量元素是否得到补充却是会存在比较大的问题。为此，给自己的污水、废水处理厂进行待处理水的成分分析和规律确认是很有必要的。

5. 丝状菌膨胀控制难度分析



丝状菌膨胀的原因及主要影响因素，目前已得到了一定的认识。但是，就对策方面，各类文献和专题论文都没有给出一个很好的处理对策，主要原因还是在如下方面。

（1）丝状菌和菌胶团对环境和食物要求的区别性不高。如同人得了癌症一样，人体自身不能够确认癌细胞的敌对性，而任其生长，在治疗时由于不具备特异性而不能通过药物进行有效控制，强行用药的结果就是正常细胞的受损，使得病人体质逐渐降低。同样的道理，丝状菌存在于活性污泥内以后，由于和菌胶团的区别性不大，在改变活性污泥工艺参数的情况下，往往不能在较短的时间内取得良好的效果，而需要几个月甚至几年的长期反复调整才能有效地抑制活性污泥中丝状菌的膨胀程度。

（2）通过工艺调整应对丝状菌膨胀的稳定性不足。我们通常会看到，因为工艺控制参数长期偏离正常值，所以导致丝状菌膨胀的发生。那么通过调整活性污泥的工艺参数，岂不是就可以抑制丝状菌膨胀的发生了吗？其实理论是如此，实际在较长的工艺参数稳定调整的过程中，是否真的保证了工艺控制参数在正常的范围内了呢？恐怕也是很难做到的。

（3）丝状菌的自身特点方面的影响。我们对丝状菌研究发现，丝状菌对环境的适应性，大大超过正常菌胶团的适应性。这不仅仅表现在丝状菌对恶劣环境的适应性，更主要的是丝状菌能够通过变异来强化对环境的适应性。当丝状

菌长期处于中度膨胀以上的程度时，经过自身演变和适应，丝状菌会就环境的适应性提高自己的生存能力，典型的就是在丝状菌体上长出稀疏的旁支，这些旁支虽然细而短，但是却可以使丝状菌在整个活性污泥内占据更主导的优势地位，同时各种针对性地杀灭丝状菌的动作对其的抑制效果将大大降低。

（4）丝状菌彻底杀灭的高难度性。丝状菌大量繁殖后，我们会采用很多方法来杀灭或抑制丝状菌的繁殖，但是往往效果不佳。究其原因除了上面的因素外，丝状菌作为整个活性污泥系统的一部分，不但分布于活性污泥系统内，有的情况下也会在无废水处理的内循环系统中存在。比如说排泥后回流到调整池，继而经过物化系统又回流到生化系统内，而存活于物化系统的丝状菌在我们进行绞杀丝状菌时往往被忽略。继而在一个绞杀丝状菌的循环后，又可以通过来自物化段的丝状菌接种而在生化系统内大量繁殖。为此，如果没有在整个污水、废水处理系统内对丝状菌进行绞杀的话，想要彻底杀灭丝状菌是相当困难的。

6. 丝状菌膨胀常用处理对策

（1）工艺控制参数的严格管理。前面已经就因为工艺控制参数控制的不合理导致的丝状菌膨胀的原因进行了分析，那么根据这个原因，通过规范控制参数的调整，可以做到对丝状菌的有效控制。

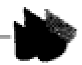
这种方法在实践中对轻度、中度早期膨胀的丝状菌控制较为有效，调整所需时间也能够控制在 2 个月内。而对高度膨胀或极度膨胀的丝状菌而言，此法几乎无效。



主要工艺控制值参考方法如下：

1）溶解氧控制值的有效性。在溶解氧方面，必须控制在曝气池出口值不低于 3.0mg/L，曝气池首端保证不低于 1.0mg/L 的溶解氧值。如果首端曝气量不能有效满足，可以通过利用降低进流水量和减少活性污泥回流量的方法来满足。有条件的话，可以监测一下在二沉池内的各断面溶解氧值，以此判断停留在二沉池内的活性污泥溶解氧状态。如果检测值低于 0.5mg/L，我们就应该保证二沉池内的活性污泥能够在较短的停留时间内回流到曝气池，以免丝状菌在此部位发生环境优势增殖。控制这一点的话，还是需要在回流污泥量上面进行有效的调整。

2）食微比值（F/M）的有效控制。食微比值在丝状菌问题上，所起到的负面作用是一个缓慢的作用，也就是说由于食微比的问题导致丝状菌的膨胀不是在短时间内完成的，通常在 3 个月以上才有可能是因为食微比的问题导致了丝状菌的膨胀。有鉴于此，因为食微比导致的丝状菌膨胀，调控方法也就是让偏离正常值的食微比回归到正常控制范围内，我们认为最佳的食微比值在 0.15 左右，低于 0.05 的情况是尽量需要避免的。但是，实际中系统经常碰到进水负荷过低的情况，似乎觉得食微比过低很难避免。其实，通过评判系统运行概况后



会发现，活性污泥系统低负荷运行除进水底物浓度过低的原因外，盲目的提高活性污泥浓度也是一个很重要的方面。因为我们都知道，活性污泥食微比的控制，本质上是由进水有机物浓度值和活性污泥浓度两方面来决定的。为此，通过主动降低活性污泥浓度的方法可以缓解食微比过低的情况。

在食微比控制值修正到正常值后，对轻中度的因负荷原因导致的丝状菌膨胀，可以起到有效抑制作用。

3）营养剂不合理投加控制。在丝状菌膨胀原因中，前面也阐述过有关营养剂及微量元素不足导致的丝状菌膨胀问题，这也主要是发生在成分单一的工业废水中。因为菌胶团的生长相对于丝状菌来说，其对营养平衡的要求更高，所以说，更需要协调各种营养的平衡来保证菌胶团的正常生长。

就营养平衡的要求方面，一方面是对氮磷营养剂的补充要足量，我们可以通过放流出水的氮磷含量检测来确认活性污泥对营养剂的需求是否短缺。通常，放流出水中氮磷含量以接近但不超过国家一级排放量标准的控制值为参考。特别是氮的排放含量控制，因为大多数种类的丝状菌不耐受高含氮量的环境，所以这也是一种抑制丝状菌的有效方法。另一方面是投加营养剂时，务必做到均匀连续的投加，投加点设在生化池首端，最好是污水、废水流入生化系统前已经有营养剂混合进去了。必须避免靠人工池面投加的现象发生。



以上是与丝状菌膨胀有关的常用控制参数的调控方法，实际运行中，导致丝状菌膨胀的原因可能是多种控制参数不合理导致的，这就要求运行管理人员认真分析和把握现状，找出导致丝状菌膨胀的原因，针对性的进行多方面工艺参数调整和配合。

（2）引入惰性物质抑制丝状菌的高度膨胀。引入惰性物质抑制高度膨胀的丝状菌，这样的控制方法应该说在文献和一般书籍中见到的不多，这里引入此法对丝状菌进行抑制，主要还是来源于对实践工作的总结。我们在实践中发现，高度和极度膨胀的丝状菌，通过简单的方法是很难有效阻止其对放流水质的影响。特别是冲击负荷的存在，能够直接导致大量活性污泥随放流水流出，水质也会发生严重的超标排放。此时，运用最多的是亡羊补牢的方法，就是在曝气池出口投加混凝剂。对于这样的方法，我们在追踪丝状菌膨胀趋势后，如果发生迅速恶化趋势，可以投加惰性物质来抑制丝状菌的膨胀。就如何引入惰性物质到生化池的问题，我们的突破口是利用降低物化段沉淀效果（可以降低混凝剂和絮凝剂的用量，使初沉池沉淀转差，继而有多量无机颗粒流入生化系统），允许部分无机颗粒流入生化池，这样流入生化池的无机颗粒在整个曝气池混合液内就呈分散状态均匀分布了。这样的情况下，活性污泥的相对比重就增加了（无机颗粒的比重远大于活性污泥），而活性污泥所具有的絮凝性能够将无机颗粒吸附，最终可以导致活性污泥絮团的比重增加。通过增加活性污泥的比重，能够保证高度膨胀的活性污泥在流入二沉池后得到较理想的相对泥水分离效果，

为缓解在高度活性污泥膨胀的状态下出水达标提供保证。

这样的原理解释，一线操作管理人员应该是可以很好的理解的，实践中也是同样的情况，但是我们往往还忽略了一个重要的作用，就是足量的惰性物质流入生化系统，被活性污泥吸附后，在其强化活性污泥的相对沉降性能的同时，还对丝状菌的结构起到了破坏作用。在理解这个作用的时候，我们需要对丝状菌的一个特性进行必要的说明，即丝状菌被折断后，其膨胀程度会降低，相互聚集成团的能力会降低，繁殖速度也会降低。因此说，通过引入惰性物质，对丝状菌的抑制作用是明显的，也是有支持依据的。

那么引入多少活性污泥量呢？回答这个问题是相当困难的。实践中判断依据运用最多的是通过活性污泥沉降比来判断，主要原因是活性污泥沉降比实验能够较好地模拟二沉池沉降效果，而二沉池的沉降效果好坏直接关系到了放流出水的情况优劣。

我们清楚的知道，丝状菌发生高度膨胀后，活性污泥沉降比往往超过90%。这种情况下，轻微的水力冲击负荷都会导致活性污泥流出二沉池。为此，引入惰性物质到生化系统后，需要不间断的（20min一次检测）检测活性污泥沉降比。当引入惰性物质后，活性污泥沉降比降低到70%以下时，我们认为丝状菌的膨胀得到了较好的控制了，此时可考虑降低引入惰性物质的量，同时根据活性污泥浓度，严格控制排泥量。保证排泥后，活性污泥浓度较前日偏差不超过15%（主要是指浓度降低面的控制），使得受压缩的活性污泥能够很好的排出生化系统，通过活性污泥的不断更新来保证活性污泥中菌胶团部分的有效含量，相对的丝状菌在不能有效伸展其丝状菌体的情况下，相对繁殖受到抑制，也就慢慢退出在活性污泥中的主导地位了。



通过引入惰性物质抑制高度膨胀的丝状菌繁殖，操作控制联动参数多，控制要求高，所以对操作管理人员来讲，一定要抓住活性污泥沉降比的检测数据不放，多次确认活性污泥浓度变化（避免因为沉降性相对转好，而导致同等排泥浓度情况下，排出过量的活性污泥，使活性污泥浓度急剧下降，最终导致系统处理崩溃），通过1个月左右的主动压缩活性污泥的沉降性能来抑制丝状菌的高度膨胀状态。此法虽然能够对高度膨胀的丝状菌进行有效的抑制，但是彻底去除丝状菌绝非易事。高度膨胀的丝状菌调整到中轻度膨胀状态后，需要及时纠正各项活性污泥工艺控制参数，以求能够在随后几个月的时间内彻底清除丝状菌在活性污泥内的踪迹。

（3）高pH值污水、废水有效抑制丝状菌的膨胀。我们在前面的章节已经阐述过，丝状菌对高pH值污水、废水的适应能力远低于对低pH值污水、废水的适应能力，为此，运用高pH值废水来抑制丝状菌的高度膨胀是非常常用和有效的方法。基于丝状菌的比表面积大于菌胶团的比表面积，所以在理论上，丝状菌应对急性环境恶变的能力总体而言是低于菌胶团的，特别是耐受高pH值和对



活性污泥有抑制作用的有毒物质方面。

为什么适应环境能力极强的丝状菌在以上两个方面的适应能力要低于菌胶团呢？回答这个问题，我们要分析丝状菌的特性和菌胶团的特性。丝状菌的高比表面积来自丝状菌的单体性，单体丝状菌对营养物质的吸附相当大，但是对毒性物质和抑制物质的吸附也很大。相对而言，菌胶团却对急性毒性物质和抑制物质的耐受能力要高于丝状菌，这主要是因为，菌胶团是由大量细菌组成的团体，这样的团体具备了抗击急性冲击物质的能力，所以在耐受毒性物质和抑制物质方面，我们可以看到菌胶团依靠整体作用能够以牺牲外围细菌的方法来保护整体菌胶团。这为毒性物质和抑制物质的冲击过后，迅速恢复菌胶团活力提供了保证。这种牺牲局部力量保证全体的特性是丝状菌所不能做到的，这就为杀灭丝状菌提供了理论支持。

下面就对高 pH 值抑制和杀灭丝状菌方法进行详细的介绍。

1）运用环境状态。运用高 pH 值杀灭丝状菌，通常丝状菌在高度以上级别的状态下运用效果最佳，当然，杀灭效果也最好。因为高度级别以上的丝状菌，其单体暴露在水体中更加明显，所以受到高 pH 值污水、废水的影响就会更大。

2）基本条件配备。既然我们讲到的是运用高 pH 值来杀灭丝状菌，那么创造高 pH 值污水、废水的环境就是基本条件。要达到这样的环境，可以通过两种途径：一是进入污水、废水处理厂的待处理污水、废水本身就是高 pH 值污水、废水，平时都是需要用酸类进行调节的，而在抑制丝状菌的时候就可以调整此部分污水、废水的 pH 值，而是直接让其流入生化系统；另一种方法是直接向废水中投加碱类物质（如氢氧化钙或氢氧化钠），将污水、废水调节成为碱性污水、废水。



3）pH 值调整度及量。通过高 pH 值来杀灭丝状菌，最重要的是 pH 值调整到什么程度，持续多少时间。如果能够很好的控制好这一点，杀灭丝状菌就有了很好的保证。

根据实践经验，pH 值控制在曝气池整池 10.0 一线，持续时间 4 ~ 8h 左右能够对丝状菌起到明显的抑制和杀灭作用。就为什么将曝气池整池混合液 pH 值控制在 10.0 一线呢？这主要还是因为 pH 值在 9.0 以下的情况下，在较短时间（1 个月左右）内不会对活性污泥整体生长繁殖构成影响。但是，pH 值在 10.0 以上时，已经属于高 pH 值废水了，对活性污泥的生长已经构成明显的抑制了。在 24h 内，应对这样的 pH 值污水、废水，活性污泥会抛弃外围菌胶团来保护菌胶团内心部分。所以，我们在选定用 pH 值 = 10.0 进行对丝状菌的抑制时，持续时间不要超过 24h，以免出现活性污泥无法恢复的不良后果。

4）高 pH 值污水、废水调整抑制丝状菌步骤。这里需要注意一个问题，就是进流污水、废水的 pH 值和能够持续的时间，一定要事前考查清楚，才能对该系统进行抑制和杀灭丝状菌。如果 pH 值调整最终不能够使整个生化系统 pH 值

控制在10.0一线，或者使整个生化系统的pH值控制在10.0一线以后，控制时间不能够达到4～6h，我们就不提倡利用进流高pH值污水、废水抑制和杀灭丝状菌的活动。这里主要考虑到丝状菌是一种特殊的微生物，其中一个特别明显的特性就是变异性和适应性相当强。当第一次没有彻底杀灭它们后，第二次再运用同样的方法进行杀灭就会显得相当困难。为此，我们不提倡在没有特别把握的时候，就强行实施抑制和杀灭丝状菌的活动。

足量抑制和杀灭丝状菌的进流高pH值污水、废水，往往在工业废水处理厂比较常见。因为工业废水处理厂的废水来源是生产部门，而生产部门的废水排放就有明显的周期性，如清洗时排放的酸碱废水。这样的机会就可以充分的运用起来，对抑制和杀灭丝状菌就显得非常有效了。同时，丝状菌的爆发我们在前面也说过，即丝状菌常见于水质成分单一的工业废水，这为我们充分利用工业废水自身排放的特点抑制和杀灭丝状菌的活动提供了基础保证。

为了保证足量的高pH值废水能够作用于生化系统，首先需要对高pH值废水进行评估。首先确认来自生产部门单次排放高pH值的水量以及具体pH值，当确认进流废水pH值是大于10.0的，且水量满足置换全部生化系统构筑物内水体容积，我们就认为该次进流高pH值废水就满足了可利用性，也就是具备了抑制和杀灭丝状菌的能力了。

在这里，我们一直用到抑制和杀灭丝状菌这句话，可能有读者会问，抑制和杀灭是结果度量的概念，抑制和杀灭存在很大的区别，为什么同样进行高pH值废水的调整活动，结果会有抑制和杀灭的区别呢？回答这个问题，确实很有必要。因为进行的高pH值调整其一致的目的都是要杀灭丝状菌，仅仅是抑制的话，不是我们的目的。但是，我们在本书中却一直将抑制和杀灭连在一起表述的，原因在于：丝状菌的杀灭相当困难的，实践中能够真正一次彻底杀灭的情况不会超过30%，而有70%的情况是仅仅对丝状菌的膨胀起到了抑制作用。究其原因，前面已进行阐述过，主要是丝状菌与菌胶团特性差异不明显，加之彻底杀灭丝状菌的难度很高等，当对丝状菌进行杀灭时，结果仅仅是对丝状菌进行了抑制。

了解以上各项特性后，我们就对如何具体运用高pH值污水、废水调整抑制和杀灭丝状菌进行步骤上的说明。

① 将进流废水通过调整池充分调节，使进流废水的pH值基本保持稳定在10.0以上。但是在流入物化区之前，我们需要将废水pH值稳定在10.0左右。因为pH值低于10.0一线，流入到生化系统中将不会对丝状菌构成抑制和杀灭作用；相反，pH值高于10.0一线的话，由于后段不具备很好的调节pH值的作用，使得物化区和生化区会受到额外的压力，严重的时候，物化区絮凝沉降效果失效，曝气池活性污泥快速死亡的情况会有发生。

② 均匀地将高pH值废水抽入后续处理系统，在物化区前期可以控制pH值



在11.0左右流入到后续物化沉淀池。这主要是因为，在流入高pH值污水、废水之前，后续构筑物内的污水、废水pH值还是在正常范围内的，所以为了节约高pH值污水、废水的消耗量，尽快对生化系统的混合液提高pH值，初期流入的污水、废水pH值可以适当提高，或者说高了也不需要特别控制。

③ 严密监测物化沉淀池各点和流入生化系统首端的污水、废水pH值，保证物化沉淀区各水平面监测到的pH值平均值不高于10.5 。

④ 为了配合生化系统能够在最短时间内将混合液pH值提高的要求，需要将活性污泥的回流值控制在最小值。通常回流比控制在5%，主要还是为了避免高回流比情况下，回流的二沉池中性废水过量的中和掉流入生化系统的高pH值废水。

⑤ 流入生化系统的高pH值废水首先会使生化池前段pH值逐渐升高，在曝气池曝气和搅拌的作用下，沿曝气池出口方向pH值会逐渐升高，根据水力停留时间可以粗略地估算出整个曝气池pH值升高到10.0所需要的时间。计算方法是根据生化系统的有效容积（曝气池有效容积）除以高pH值污水、废水进入物化处理段的流量，所得到的时间就是整个生化系统pH值提高到10.0所需要的大概时间。

⑥ 当整个曝气池pH值上升到10.0一线的时候，接下来要做得是估计维持曝气池混合液高pH值的时间。维持适当尺度的高pH值时间是抑制和杀灭丝状菌的重要手段，即要起到抑制和杀灭的作用，又要尽可能的降低对菌胶团的伤害，这个尺度需要从显微镜观察和$SV_{30}$（活性污泥沉降比）来确认。



显微镜观察主要是确认附着类原生动物的状态，因为当pH值升到10.0一线的时候，活动性纤毛虫将死亡消失，后生动物和附着类原生动物将失去活性。通过观察失去活性的附着类原生动物的形态能够判断目前高pH值状态对活性污泥的冲击程度，判断标准上，以累枝虫或钟虫作为附着类原生动物观察为例。当此类原生动物仅仅出现不活动状态、并未消失的话，我们认为高pH值状态恰到好处；相反的，当此类附着类原生动物迅速消失，或头顶气泡、内容物流出时，我们认为调整的pH值过高了，需要减少后续的作用时间。

通过观察活性污泥沉降比，我们可以明显的看到，在pH值上升到10.0一线的初期，活性污泥沉降比不会有太大变化，但是上清液会出现明显的混浊，这种混浊是由大量解体的絮体所组成的，有点像高负荷状况下的上清液混浊。其混浊程度也是判断高pH值对活性污泥影响程度的表现，越是混浊越是影响明显，这种程度的判断可以知道后续高pH值废水对生化系统需要或可以作用的时间。

⑦ 作用时间是相当重要的一个指标，根据活性污泥沉降比上清液混浊状态，以及显微镜对附着类原生动物的观察，并辅以曝气池液面新增浮渣状态，能够很好的确认高pH值需要作用的时间。前面已经说过，我们通常是选用4～6h，

这是一个参考时间，具体还要根据上面讲到的几个方法来最终确认。进入第4小时后，我们通过显微镜观察，会发现丝状菌开始折断，这是确认高pH值废水作用效果的最直接证据，根据丝状菌的折断程度可以判断作用效果。进入第5个小时后，显微镜观察会发现丝状菌在折断的基础上，进一步折断，丝状菌长度会在不断的折断作用下，逐渐变短，由此活性污泥沉降比会发现每次测得的$SV_{30}$值在不断减小，甚至可以恢复到正常值（30%以下）。

⑧ 通过显微镜观察丝状菌的折断状态、活性污泥沉降比的状态，能够很好的判断出丝状菌的抑制和杀灭状态，同时也能很好的了解到活性污泥中菌胶团受到的影响程度。我们追求的总是丝状菌受到最大的杀灭，活性污泥受到最小的影响。判断好这一点，就可以知道，什么时候可以停止对活性污泥混合液的高pH值作用了。当高pH值废水作用时间超过6小时后，我们就需要重点确认丝状菌的折断状态了。如果折断状态已经非常明显，折断后的丝状菌体长度小于未折断前的1/10时，我们认为对丝状菌的抑制和杀灭作用已经达到效果。此时，即可开始将物化段的pH值恢复到正常水平。使得接下来流入到生化池的污水、废水pH值也恢复到正常水平。这里还可以通过调整二沉池的回流比来达到延长和缩短恢复生化池pH值正常值的时间。

⑨ 随着生化池pH值的逐渐恢复正常值，活性污泥菌胶团性状也开始逐渐恢复，通常2天后活性污泥能够恢复到正常水平。此时唯一不同的是，丝状菌膨胀现象没有了，显微镜观察看不到丝状菌的踪迹，活性污泥的沉降比恢复到正常值范围，各项出水指标也恢复正常了。利用高pH值污水、废水抑制和杀灭丝状菌的工作就此结束。

为了巩固对丝状菌的抑制和杀灭作用，需要最大限度的规范活性污泥操作的各项工艺控制指标，不给丝状菌的再次增殖提供运行环境上的条件。

（4）利用漂白粉抑制和杀灭丝状菌

利用漂白粉抑制和杀灭丝状菌，就原理上不难理解，因为漂白粉是杀菌剂，对微生物具有极好的杀菌作用，可以运用漂白粉的这个特性对丝状菌进行抑制和杀灭。根本理由方面的解释还是丝状菌比表面积巨大，吸收杀菌剂的能力也强于菌胶团，同时菌胶团在受到杀菌剂冲击的时候，仍然会通过舍去外围的部分微生物，来保全菌胶团内部的主体部分。

这里还要引出使用漂白粉和漂白水的区别。我们知道，漂白粉大部分成分是石灰，投入到生化系统后能够增加活性污泥的沉淀作用，这与引入惰性污泥增加活性污泥在丝状菌膨胀阶段的沉淀性能原理相仿。而漂白水杀菌释放作用较快，且不具助沉淀作用，所以利用杀菌剂的话，通常选用漂白粉。

1）运用环境。利用漂白粉来抑制和杀灭丝状菌的使用环境，重点是针对极度膨胀和高度膨胀的丝状菌，对中轻度不适用。因为越是丝状菌繁殖不占优势，运用漂白粉杀灭丝状菌时对菌胶团的影响就越大。



2）投加量确定。就用漂白粉来抑制和杀灭丝状菌的活动来说，投加量至关重要。否则，投加过量很可能将正常菌胶团全部杀灭，而投加过少很可能没有起到任何作用，反而使生化系统出水出现恶化。

投加量按 70～90g/$m^3$ 计算即可，当然，如果通过实验室试验确定就更加保险。通过不同比例投加后对活性污泥的抑制情况来确认最佳投加漂白粉量，主要确认手段是显微镜观察。通过显微镜观察原后生动物的活性和存在数量，以及丝状菌的受损程度来确认。

3）投加步骤。

① 确定好投加量后，我们就需要准备漂白粉了。将漂白粉运到曝气池首端，由于漂白粉容易被风吹得飘起来，并且具有一定的腐蚀性，所以在投加时，个人防护要很注意的，护目镜、防腐手套要准备好。同时，漂白粉弄到身上，衣服会褪色的（包括鞋子），因此最好穿破一点的衣服。

② 投加频率也是相当重要的。来自物化段的废水源源不断地流入生化系统，所以，投加到生化池的漂白粉能够快速稀释到水体中。因此，投加漂白粉期间，一定要保持正常的进水，如果没有来自物化段的进水对投入到生化池的漂白粉进行稀释，会出现局部漂白粉浓度过高，这样对系统中局部的微生物杀伤是致命的，所造成的结果也是不可逆的。为此，投加漂白粉的时候，需要一袋（50公斤）一袋的投加，期间可以间隔 5min 左右。全部计划投加的漂白粉，应该控制在 1/2 生化池水力停留时间长短范围内投加完毕，保证投加漂白粉的有效性和对活性污泥的安全性。



③ 投加漂白粉后，频繁检测对活性污泥的影响程度是非常有必要的。通常投加完漂白粉后，活性污泥内的原后生动物会死亡并消失，这样的现象并不能说明漂白粉的投加对活性污泥产生的毁灭性作用，而应该视为正常现象。同时，观察丝状菌应该可以发现，丝状菌出现明显的折断现象，其折断发生较利用高 pH 值废水对丝状菌的抑制和杀灭要来得迅速得多，这是显微镜方面观察可以发现的结果；另外在活性污泥沉降比方面观察，其现象与前面叙述的利用高 pH 值废水对丝状菌的抑制和杀灭基本一致，都以投加抑制物质之后出水发生混浊为代表现象，以局部产生泡沫和浮渣为补充证明。

④ 投加完漂白粉后，持续作用时间也与利用高 pH 值废水对丝状菌的抑制和杀灭过程相仿，判断依据主要也是显微镜观察。如果活性污泥解体明显，出水粘稠度过大，泡沫大量产生，基本认为投加漂白粉过量，对活性污泥抑制过度。需要调整回流比及进水流量进行及时稀释，以免对活性污泥造成不可逆的影响。

⑤ 经过漂白粉抑制和杀灭的活性污泥，其丝状菌折断明显，在恢复各项活性污泥控制指标后，通常在 3 天内活性污泥能够恢复到正常水平。

（5）运用高 pH 值废水与利用漂白粉对丝状菌的作用比较。

两种常用的抑制和杀灭丝状菌的方法优缺点比较如下表所示。

表 6－1　　高 pH 值废水和漂白粉对丝状菌的作用比较

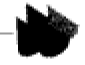
| 项　目 | 高 pH 值抑制和杀灭丝状菌 | 漂白粉抑制和杀灭丝状菌 |
|---|---|---|
| 费用方面 | 利用进流高 pH 值污水、废水的话，不产生直接费用，经济性好；购买碱性物质投加的话就会产生费用 | 需要购买漂白粉，存在费用支出 |
| 操作难度 | 由于调整高 pH 值废水进人生化系统是个较长的过程，也就为纠正操作偏差提供了条件，所以属较易操作的项目 | 投加漂白粉前，实验室投加量模拟确认和计算投加量的确认至关重要，否则达不到期望效果。由于投加漂白粉后，往往体现急性抑制和杀灭过程，所以，可控性不强，调整时间不充分 |
| 安全性 | 对活性污泥的抑制属慢性，可恢复性好，属安全对策 | 急性作用明显，属危险性较高的应对策略 |
| 作用效果 | 对作用时间把握要求较高，由于作用缓慢，在没有充分对丝状菌作用到位的情况下，往往会出现无效的杀灭结果，为丝状菌的再度繁殖提供机会 | 作用力度大，对丝状菌具备毁灭性的打击能力，同期作用于丝状菌和活性污泥时，丝状菌受到的打击更为明显 |
| 复发情况 | 利用此法，如果没有一次性作用到位的情况下，非常容易导致丝状菌的复发，在多次作用情况下，丝状菌会迅速产生耐受能力，使此法失效 | 由于作用力度强，复发机会较小，同时，很少发现利用漂白粉进行作用后，多次使用后丝状菌会产生耐药性和变异的问题 |
| 恢复效果 | 作用后的活性污泥系统，恢复较快，通常在 2 天内恢复正常放流出水 | 作用后的活性污泥，恢复时间也较快，但相比之下较高 pH 值抑制和杀灭丝状菌的方法略慢，通常会推迟 1 天 |

（6）丝状菌在受到抑制物质打击后的表现状态。

丝状菌在受到抑制物质打击后的表现状态，主要是丝状菌的变异问题。我们在实践中发现，丝状菌在首次受到抑制物质的打击后，会做出变异的发展趋势，特别是经过多次不彻底的抑制物质打击后，丝状菌通常会在菌体上长出细小的侧枝，以应对抑制物质的攻击，但此类丝状菌长出侧枝后，通常的抑制物质很难再对其出现明显的抑制作用了。这就是我们常说的作用失效，这样的情况，会给我们的操作造成很大的影响。所以我们通常要采取如下的策略，避免这样的问题发生。

1）尽量保证抑制和杀灭丝状菌的计划制定周全，确保一次成功，不给丝状菌以可乘之机。

2）抑制和杀灭活动开始前，需提前 3 天停止二沉池的排泥，避免丝状菌通



过排泥管道进入物化系统，并最终再次接种到生化系统。

3）一次抑制和杀灭活动没有取得良好效果时，切莫连续再次重复使用该法，比如利用高 pH 值抑制和杀灭丝状菌失败后，可利用漂白粉杀抑制和灭法进行。交替使用将减少丝状菌出现免疫和被误驯化的可能。

（7）丝状菌抑制或杀灭彻底失败的对策。实践中发现，由于误使用抑制和杀灭丝状菌的方法，导致丝状菌产生极强的耐受能力和变异能力的时候，很多方法都会显得不起作用，这对系统而言是致命的。因为即使是正常的负荷都会不时的出现活性污泥大量流出二沉池的现象，出水的超标是必然的，严重的导致活性污泥大量流失，系统 MLSS 值急剧下降，并最终导致系统崩溃。对于这样的问题，唯一的应对策略就是在系统休假停产期间将活性污泥全部排空，对池体杀毒后再次进行活性污泥培养。具体方法可参考活性污泥培养章节进行。

## 第八节　活性污泥老化

### 一、活性污泥老化现象概述

活性污泥老化的现象，在目前大多数运行着的好氧生化系统中普遍存在，而活性污泥的老化不但会导致出水主要污染指标的升高，更多的是会出现能源的浪费。因为通常导致活性污泥的老化与过度曝气、负荷过低有关，而这些运行问题都会消耗过量的能源。



所以，应对活性污泥老化不仅仅是改善出水指标的问题，更涉及到系统运行成本的问题。

实际运行中发现，导致活性污泥出现老化的现象，与操作管理人员专业知识掌握不充分大有关系。也就是说，在纠正基本操作思路后，往往能够很轻易的通过调整部分活性污泥工艺参数来达到纠正活性污泥老化的目的。

### 二、活性污泥老化判断要点

判断活性污泥是否出现老化，前面各个章节都有分散的表述，下面就集中对这些科目进行说明：

#### 1. 活性污泥沉降比表现观察活性污泥是否发生老化

前已曾多次提到过活性污泥沉降比在实际活性污泥操作管理中的重要性了，这里也不例外，其在观察活性污泥是否出现老化的问题上同样具有明显的优势。主要如下：

（1）活性污泥沉降速度方面。通常可以在活性污泥沉降比实验中发现，老化了的活性污泥能够在较短时间内完成沉淀阶段，当然其他各阶段的沉降速度也相当快，通常较非老化活性污泥沉降速度快 1.4 倍左右。

（2）活性污泥絮团大小。老化的活性污泥絮团都较大，但比较松散，其絮凝速度也较快。

（3）活性污泥颜色。老化的活性污泥颜色显得深暗、灰黑，不具鲜活的光泽。

（4）上清液清澈度。老化后的活性污泥容易解体，所以游离在水体中的细小解体絮体较多，但是絮体间的间隙水却保持较好的清澈度。这主要是因为，游离在上清液的颗粒仍然是以絮团的形式存在的，只是絮团体积较小，而不像活性污泥受冲击是出现大量的游离细菌所表现出来的弥漫性混浊。

（5）液面浮渣。浮渣的产生，确实也与活性污泥老化有关。因为老化的活性污泥会导致部分细菌死亡，解体后的菌胶团细菌会被曝气打散后粘附气泡而使浮渣或泡沫产生。

2. 显微镜观察活性污泥是否发生老化

前面已经就生物相方面，对原生动物进行了三种分类，即非活性污泥类原生生物、中间性原生动物、活性污泥类原生动物。那么活性污泥老化时，我们通常是看后生动物的数量占优势，表面看起来似乎和原生动物表现无关，事实上还是有很明显的联系的。主要表现在，出现后生动物占优势就肯定不会有非活性污泥类原生动物的优势表现，最多可以看到极少量的散兵游勇；相反也是一样，非活性污泥类原生动物占优势时，通常看不到后生动物的踪迹。为此，后生动物大量繁殖可以作为活性污泥老化的指标。

另一方面是观察活性污泥菌胶团的状况，大凡活性污泥老化的情况下，菌胶团都显得粗大色深。

3. 食微比的确认

食微比作为确认活性污泥浓度是否控制过高的参考指标，其实间接的告诉我们，目前的活性污泥浓度是否会导致活性污泥的老化。为此，在防止活性污泥老化方面，食微比能够做出提前的判断和指导。通常发生或可能发生活性污泥老化的情况下，食微比都处于或长期处于低水平状态，特别是食微比低于0.05时，出现活性污泥老化的几率很大。

**三、活性污泥老化原因分析**

活性污泥出现老化原因较多，也比较复杂，但是不外乎以下几种情况。

1. 排泥不及时

我们在理解活性污泥老化方面，首先需要知道判断活性污泥老化的指标是污泥龄，而辅助验证活性污泥是否老化的指标是食微比以及活性污泥沉降比观察。通过这些控制和辅助判断指标的提示，我们很容易知道，污泥龄的可控制点是在MLSS值的控制上，即排泥是控制活性污泥浓度变化趋向的有效可控手段。因此，排泥不及时对污泥龄的影响相当大，如果排泥流量为零的话，我们可以理解为污泥龄控制是无穷大，这样的控制结果只会使活性污泥以最快速度发生老化。



2. 进水长期处于低负荷状态

由于设备投入按照设计流量和浓度进行，在达到设计浓度和流量之前，污水、废水处理系统往往长期处于低负荷状态。在没有有效的理论指导的情况下，操作管理人员往往一味的提高或维持活性污泥的浓度，结果会导致长期的低负荷运行，出现活性污泥的老化也是必然。

当然可能有人会有异议，如果进水底物浓度过低的话，不是可以降低活性污泥浓度来对应的吗？这样的想法在理论上自然没有问题。但是，我们却忽略了当进水有机物浓度太低时（如 COD = 100mg/L 左右），我们无法为了满足食微比的要求来保证活性污泥降低到理论计算所得的控制浓度。假设为了满足食微比要求，由于进水浓度过低，计算得到的活性污泥理论控制浓度在 500mg/L 左右，那么是否就可以通过将活性污泥浓度控制在 500mg/L 就好了呢？回答是否定的。因为活性污泥浓度低到一定程度时，活性污泥间相互碰撞机会将大大降低，最终会出现不絮凝或沉降功能恶化的现象。

3. 过度曝气导致的活性污泥老化

过度曝气直接的结果是导致活性污泥解体和自氧化。解体的原因是频繁的剪切作用导致活性污泥发生解体，自氧化的理解是氧气本身就是氧化剂，过度曝气自然会氧化活性污泥。



4. 活性污泥浓度控制过高

活性污泥浓度控制过高，没有足够的进水底物浓度支持，最终就会导致活性污泥老化。

**四、抑制活性污泥老化的有效方法**

1. 对活性污泥浓度控制上的要求

为了保证生化系统运行过程中活性污泥不会因为排泥不及时而发生老化，我们要经常确认当前排泥流量和活性污泥浓度之间的关系，通过食微比的确认，间接指导活性污泥排泥流量的控制。同时，必须做到排泥流量的均匀性，避免间隙的、流量波动过大的排泥方式。

2. 曝气的均匀性和过曝气的防止

要求对曝气量进行有效控制，避免过曝气，将曝气池出口的 DO 浓度控制在 2.5mg/L 左右即可。同时也可降低曝气过度消耗的电能，为降低处理成本打下基础。

3. 低负荷运行状态的避免

要避免低负荷运行状态的出现，从而规避活性污泥老化的发生。除了尽可能的提高进水中底物的浓度和可生化性，更多的是要尽可能的降低活性污泥的浓度，以保证食微比值能够保持在合理控制值内（0.15 ~ 0.25 左右）。必要时可以补充外加碳源来保证活性污泥的正常运行繁殖功能，如投加化粪池水、引入生活污水等。

### 五、活性污泥老化时各工艺控制指标的表现

各工艺指标和活性污泥老化的关系相当密切，这些关系也有助于我们确认活性污泥是否老化和纠正老化是否到位准确。与主要控制参数存在的关联如下。

1. 与食微比的关系

众所周知，食微比控制低下是导致活性污泥发生老化的重要原因，应该说也是比较容易调整的，其老化程度与食微比的低下程度存在正关联。

2. 与溶解氧的关系

与溶解氧的关联方面，除了因为曝气过度，溶解氧控制过高导致活性污泥老化外，在食微比低下的情况下，这样的问题会显得更加突出。超过 4.0mg/L 的曝气应该归类为过度浪费的曝气，这样的曝气结果助长活性污泥老化较为常见。

3. 与污泥龄的关系

保持 7～10 天的污泥龄是一个合理的范围，对于超过 1 个月的污泥龄现象要格外注意，这样的污泥龄控制，导致活性污泥老化是必然的。

## 第九节　活性污泥中毒

### 一、活性污泥中毒现象概述

活性污泥中毒在实践中还是可以遇到的，中毒的活性污泥可以表现出多种状态，常见的中毒分为急性中毒和慢性中毒。对于急性中毒，我们应对起来还是有不小的难度，但是，出现慢性中毒往往有很多表现，这给我们及早采取纠正措施提供了条件。实践中，往往先出现慢性中毒的迹象，而操作人员没有及时调整应对工艺参数，甚至没有规范好正常的工艺参数，最终导致系统慢性中毒。

应该说导致活性污泥中毒事件，大多来自工业废水处理方面。因为工业废水大量使用化学药剂，本身可降解有机物使其浓度不足，活性污泥生长状态不佳，加之有多化学物质的流入，出现急性中毒也就非常普遍了。

### 二、活性污泥中毒判断要点

来自工业废水中的多种化学物质会使活性污泥产生中毒表现，对于何种化学物质会对活性污泥产生中毒影响，其实并不重要，重要的是此类化学物质在什么浓度情况下会对活性污泥产生中毒影响。然而，确认这个安全浓度的问题其实是非常复杂的工作。为此，我们需要寻找到一个便捷的方法来对中毒与否进行确认。

那么，判断活性污泥是否中毒就是我们需要清楚了解的。通过了解活性污泥中毒与否的判断要点，来提前对中毒现象作出对策，是我们实践操作中应该掌握的。主要方法如下。



1. 活性污泥沉降比观察

活性污泥沉降比观察真可谓是万能的检测手段，我们在多个活性污泥功能障碍的判断上运用此法了。在活性污泥中毒判断上也有其独到之处。中毒的活性污泥，首先表现出的是活性污泥活性降低，原后生动物死亡；活性污泥为了保全菌胶团的活性，会牺牲菌胶团外围的细菌，所以，会有外围死亡的细菌游离出来，分散在水体中；同时活性污泥粗大的菌胶团也会发生解体而细小化。这样一来，我们在活性污泥沉降过程中就会发现，整个沉降过程中都有大量的不沉降细小颗粒，同时活性污泥的絮凝性变差，絮凝耗时延长，沉降各阶段耗时也相对延长。

2. 显微镜观察表现

欲知活性污泥的功能表现状态，离开活性污泥的生物相显微镜观察是很难做到的。活性污泥中毒也是如此。由于活性污泥中毒后表现出来的状态非常明显，特别是原后生动物死亡和消失方面的指征明显，通常如下方面是观察重点。

（1）活性污泥中原生动物的死亡。以楯纤虫为代表的爬行类原生动物，对毒性物质最为敏感，特别是楯纤虫，大多数有毒物质，在较低浓度状态下即可导致楯纤虫的完全消失。为此，楯纤虫也就被作为是否有有毒物质流入的指标性生物了。



我们在实践中观察生物相的时候，需要重点对楯纤虫进行观察，并记录视野数量，通过其数量的增减以及消失与否确认早期有毒物质低浓度情况下对活性污泥的影响。继而也可以推断出活性污泥内是否流入了有毒物质。

当流入生化系统的污水、废水中，有毒物质的浓度过高，使得生化池混合液内有毒物质浓度超过了原生动物的耐受极限，那么，原生动物将相继死亡。以附着类原生动物的死亡表现来说，通常是成批死亡，如钟虫的旋口纤毛会停止运动，腔体伸缩泡膨大，口缘部有内容物流出或头顶气泡等症状。这些附着类原生动物的表现，我们都需要考虑是否出现了活性污泥中毒现象。

原生动物通常在死亡后6h内被水解而消失。因此，根据原生动物消失与否，我们可以判断大概的活性污泥受毒物冲击时间，也就是说发现原生动物突然消失，至少说明有毒物质对活性污泥的作用时间超过了6h。

（2）后生动物的表现。相比之下，后生动物在耐受有毒物质的能力上优于原生动物，但也只是在耐受时间和浓度方面强于原生动物而已。在后生动物受到过量有毒物质冲击的时候，以轮虫为例，首先是动性减弱，璇轮虫头部缩起。如果璇轮虫头部伸出的话，即可判断此时的璇轮虫已不具活性。说明有毒物质的浓度和作用时间已超过了原后生动物的耐受极限，此时，对活性污泥来说，尚未构成致命性的打击。

（3）菌胶团表现状态。受有毒物质的冲击，菌胶团会出现不同程度的解体，通过显微镜观察，可以发现菌胶团周围会散落多量细小的菌胶团颗粒。其实，

在受到有毒物质冲击后，越是粗大的菌胶团其耐受有毒物质冲击能力越强，相反就越弱。为此，细小的菌胶团在有毒物质的持续作用下会继续分解，最终导致生化池混合液内出现大量的细小活性污泥絮体颗粒，这就是为什么在活性污泥沉降比中，一直能够看到混浊的上清液。

受有毒物质冲击中期，我们即可发现原后生动物已全部消失，接下来判断活性污泥受冲击程度的重任就交给了观察菌胶团的变化上面了。为此，根据显微镜观察到活性污泥解体程度可以判定现有状态下活性污泥的受毒性物质冲击程度。

（4）液面浮渣。活性污泥受到有毒物质冲击后，部分死亡的菌胶团细菌会在曝气的作用下而成为液面浮渣，通过观察液面浮渣的某些特征，可以有效判断活性污泥的中毒情况。通常中毒导致的液面浮渣具备如下特性：

1）浮渣色泽晦暗，稀薄松散。由于活性污泥中毒后，导致死亡的菌胶团往往不具备鲜艳的活性污泥色泽，同时由于活性污泥已经失去活性，其相互吸附能力已不具备，便表现出液面浮渣稀薄而松散。

2）显微镜观察液面浮渣同直接观察活性污泥结果接近。由于液面浮渣大多是死亡的菌胶团，所以在显微镜观察的时候得到的结果同样是无原后生动物可见，菌胶团松散，细小部分过多。

3. 活性污泥中毒时其他各工艺控制指标的表现

活性污泥发生中毒后在多个活性污泥控制指标中会有所表现，我们通过了解这些工艺指标的波动情况，能够很好的掌握和应对活性污泥发生的中毒状态。具体表现指标如下。

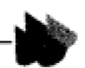
（1）溶解氧变化状态。溶解氧的供给和消耗达到合理的平衡状态的时候，我们认为曝气池混合液的溶解氧是处于一个平衡状态的。此时，消耗的溶解氧完全是为了分解有机物及微生物自身生命活动所需。但是，当活性污泥发生中毒死亡后，随着活体细菌的不断减少，消耗溶解氧的主体也就逐渐减少了。我们会发现曝气池混合液的溶解氧在曝气量不变的情况下逐渐上升，同时检测生化系统的有机物去除率，会发现去除率下降明显，这是活性污泥中毒后，溶解氧方面出现的主要变化趋势。

（2）放流出水变化状态。活性污泥中毒后，放流出水的变化主要表现在处理水的有机物浓度会不断升高，由于放流水混合了大量解体的活性污泥，出水混浊是非常明显的。在严重的时候，放流出水的有机物含量会异常的高。

4. 活性污泥中毒的处理对策

活性污泥发生中毒后的对策，对迅速恢复活性污泥的性能、避免对活性污泥出现毁灭性的影响是至关重要的。主要通过如下方面加以对应。

（1）阻断有毒物质的进一步流入是应对活性污泥中毒对策中最重要的一步。因为，微生物对有毒物质的耐受极限是有限的，长期高浓度的有毒物质流入，



势必会导致活性污泥系统崩溃。为了避免这种情况的发生，尽最大努力中断有毒物质的流入至关重要。通常工业废水处理厂遇到有毒物质流入，能够很容易地在工厂的生产线找到有毒物质的源头，而且出现有毒物质大量无规律的流出，多半是事故性流出，这为迅速中断有毒物质的流出提供了可能。

为了中断有毒物质的流出，首先是找到源头，关闭或封堵事故源头；其次是利用调解池或事故储水池将含有毒物质的废水储存起来，以便在低浓度的情况下，进行无害化处理，或者可以直接委托外部其他有能力和资格的公司处理。

（2）对已经流入生化池的有毒物质，唯一且有效的方法是对生化池混合液进行有效的稀释，这主要是建立在活性污泥对不同浓度的有毒物质抗冲击程度不同之上。其中最有效的方法是调动生化池后段构筑物的未受冲击水回流到生化池首端，以此来稀释生化池。具体可以加大二沉池回流污泥流量来达到此目的。

（3）利用排泥来达到抗击有毒物质的冲击，主要原理是利用废弃受损或死亡的活性污泥，补充新生的活性污泥，来提高当前活性污泥的活性。通过高活性的活性污泥，达到抗有毒物的能力最大化。排泥的限度根据食微比决定，以最大控制在0.5左右为限。



## 第十节　活性污泥法运行各故障间相互关联性

我们在本章的前面几节中详细叙述了各种运行故障，对故障原因、表现状态、处理对策也作了分别描述，其实各故障间同样也存在着相互关联。活性污泥出现工艺故障时，往往是多个工艺故障并存的。

### 一、出现多个活性污泥运行工艺故障并存的现象

实践运行中，我们遇到单一的活性污泥运行工艺故障时，往往在对策上比较容易控制。因为单一的运行工艺故障，通过针对性的故障对策，不会诱发其他运行参数的恶化，但是如果同时存在多个工艺运行故障，我们在作应对措施的时候，往往会加重诱导其他工艺运行故障时的主要参数。

运行工艺参数中，如果出现明显的超过参数控制范围时，我们会发现，其影响的主要故障表现是多样的。举例如下。

**1. 溶解氧不足导致的活性污泥运行工艺故障表现**

（1）引起活性污泥上浮。溶解氧不足常常导致一些曝气死角提前发生厌氧反硝化而导致活性污泥上浮。

（2）放流出水夹带细小颗粒物质。活性污泥在出现缺氧状态的时候，正常优势的原生动物会发生变化，表壳虫、变形虫开始夸大其优势地位。同时，由于缺氧的影响，活性污泥降解能力降低，这些都会导致放流出水混浊并夹带细小絮体。

2. 食微比过低导致的活性污泥运行工艺故障表现

（1）活性污泥老化导致放流水夹带细小颗粒物质。食微比过低导致的常见后果就是活性污泥的老化。根据活性污泥老化后絮体解体的特性，放流出水就会出现夹带细小颗粒的情况。

（2）诱发丝状菌膨胀。食微比过低，正常菌胶团环境受到抑制，相应的就给丝状菌的膨胀提供了有利条件。

3. 污泥龄控制过长导致的活性污泥运行工艺故障表现

（1）污泥龄控制过长、排泥不及时导致活性污泥发生老化。由于排泥不及时，活性污泥增长达到极限，最终出现相对于进流水中底物浓度而言过量的活性污泥量，如此造成活性污泥老化也就非常正常了。

（2）污泥龄控制过长、排泥不及时导致惰性物质过量积聚。因为污水、废水处理系统的物化段控制不理想，导致惰性颗粒物质流入生化系统，为了清除不断积聚的此类无机惰性物质，需要对活性污泥进行有效更新，通过排泥达到既更新活性污泥，又排出积聚在活性污泥中的惰性物质的目的。所以，污泥龄控制过长、排泥不及时，不但活性污泥更新受到影响，更重要的是期间积聚的不能被活性污泥所降解的无机惰性物质也不能有效地代谢。

通过以上举例，我们会发现，当出现某一个运行故障时，诱导这一故障发生的不正常运行工艺参数，往往也同时会诱导其他运行故障的发生。



二、出现多个活性污泥运行工艺故障时，对活性污泥运行影响的加大

1. 合并出现的工艺故障对活性污泥的损害更大

这个原理，应该说是比较容易理解的，比如发生活性污泥老化时，本身会出现放流水夹带活性污泥流出的现象。如果遇到有毒物质流入、曝气过度时，活性污泥恶化时间明显缩短，放流出水受影响就更为明显。当然，多种运行故障并存导致的活性污泥受损，其恢复就更不理想。举例说明如下：

（1）丝状菌高度膨胀合并冲击负荷发生。丝状菌膨胀直接的后果就是沉降性能恶化，也就是说，如果丝状菌的膨胀没有影响到活性污泥的沉降性能的话，我们反而会发现上清液异常清澈，且处理效率也能保持较好的水平。但事实上，经常遇到丝状菌高度膨胀后，出水过程就有活性污泥流出的现象，而此时若遇到水力冲击负荷的话，出现活性污泥大量流出生化系统的现象是很容易发生的。其流出程度与活性污泥膨胀程度和水力冲击负荷大小相关，并呈正关系。

（2）活性污泥低负荷运行合并曝气过度。活性污泥低负荷运行直接结果是活性污泥因为食物来源不足，而导致生长繁殖受限，在长期运行过程中，容易诱发活性污泥的老化。所以，此种情况下，如果再遇到对活性污泥曝气过度的情况时，活性污泥一方面被打碎的机会开始增加；另一方面，活性污泥被溶解氧化，特别是在活性污泥有老化状态的时候，更容易导致活性污泥的自养化，从而会大大缩短活性污泥发生老化的时间。



（3）活性污泥高负荷运行合并营养剂补充不足。活性污泥的高负荷运行，表现在进水底物浓度过高，活性污泥浓度相对不足方面。那么在实践中，只要对活性污泥浓度提升有影响的，都会加重高负荷情况下活性污泥对污染物的去除率。而营养剂投加不足就是能够导致这种情况发生的一种原因。因为营养剂投加不足，活性污泥合成新生代的细胞壁受阻，活性污泥就会出现即使高负荷情况下也不能有效提高活性污泥浓度的情况。相反，因为营养剂严重不足，活性污泥还会逐渐减少，即因为营养剂的不足会使原有的活性污泥解体死亡。

如此，我们会发现，在高负荷状态下，活性污泥中会出现新生活性污泥的活跃，导致活性污泥沉降性变差，出水混浊。而营养剂不足也会导致活性污泥解体，同样结果也是导致出水混浊。两者合并作用，自然出水效果会更加恶化。

**三、污泥运行工艺故障间有相互诱发作用**

实践中发现，部分工艺故障间存在相互诱发的作用，也就是说，如果我们不通过某一项工艺故障找出导致该故障发生的工艺参数异常点，就有可能出现诱发其他工艺故障的可能。

常见工艺故障诱发可能性分析如下。

**1. 活性污泥上浮导致的放流出水夹带颗粒物质并诱发放流出水污染物含量增高**

活性污泥出现上浮后，再度溶解到水中并成为正常的活性污泥，几乎是不可能的。常见的状况就是上浮后再次溶解到水体中而不能重复絮凝，不能再次絮凝的活性污泥就会成为流出生化系统的颗粒物质，由此导致放流出水有机物浓度升高。

**2. 液面泡沫导致液面浮渣形成**

由于多种原因导致的泡沫中，因为活性污泥老化、进流有毒物质、丝状菌膨胀导致的泡沫，如果持续时间超过 1 周，往往会诱发液面浮渣的产生，特别是在二沉池液面。所以出现上述原因导致的泡沫时，我们要尽快找出原因施以对策，避免出现浮渣而使系统出水恶化。

**3. 惰性物质积聚导致抗冲击负荷能力的减弱**

活性污泥入流大量惰性物质后，其生物总量会降低，沉降性能会出现变好的假象。但是，我们会发现实际沉降性能看起来较好的活性污泥，其抗冲击负荷能力却明显变差了。所以活性污泥流入惰性物质后，不但会导致放流出水夹带惰性物质，导致放流出水水质恶化，同时由于活性污泥中细菌的有效成分降低，对抗冲击负荷，特别是污泥负荷方面的冲击能力降低明显。

**4. 液面泡沫积聚导致放流出水夹带细小颗粒物质**

液面泡沫的产生对环境的影响主要表现在泡沫积聚后溢出池体的问题。但是，出现泡沫积聚同样会因为泡沫夹带活性污泥颗粒物质，从而导致放流出水恶化超标的发生，所以并不是说泡沫的产生仅仅存在自身危害，同样也会累及





到其他工艺故障的发生。

我们在认识了各工艺间故障的关联性后，对综合分析活性污泥法运行工艺故障把握的整体认识方面提供了有力指导。实践中遇到各种活性污泥运行工艺的故障，都需要进行全面的分析，不能主观臆断。合理地运用检测数据作为参考，了解此次工艺故障产生的本质原因，才能够很好的施以对策。同时，要充分认识一个工艺故障的发生，接下来还会连带出其他怎样的工艺故障。只有全盘了解了工艺故障的前前后后，在整体把握上才能有的放矢。









# 第七章 活性污泥法运行工艺故障处理方法交流实例

## 第一节　实践运行故障交流的重要性

活性污泥法作为处理污水、废水的一种成熟工艺，其操作具备一定的规范性和规律性，但是实践过程中，往往很难把握好这些规范性和规律性的东西，诸如：① 设计方案与实际运行出入过大；② 突发性事件的干扰（如：设备故障、原水水质改变等）；③ 细微操作不当长期积聚的反应。

由此可见，在活性污泥法操作过程中，虽然按照规范要求操作是必须的，但仍然会出现很多运行故障，本章就通过作者在专业网站上与同行进行的问答式交流，抽取出对活性污泥法运行问题要点的剖析和认识，使读者能够很好的把握分析运行故障问题的方法，提高管理活性污泥工艺系统的能力。

## 第二节　问答式交流实例

**一、概述**

本节共有问答式交流实例 138 例，涉及活性污泥运行工艺故障的多个知识点，对一些对策方法的解释说明比较简要，但要点明确。为此，对具体处理对策的方法了解，读者可以参考前面各章中涉及的相关知识点。

**二、交流实例**

**问题 1.** 氧化沟泥少，微生物因为天气寒冷，难培养，怎么办?

**答复：**

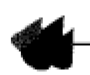
（1）如果是在系统刚刚启动时的培养，污泥量少是正常的，随着培养的进行，污泥量会增多。培养时，曝气过度是很不利于污泥培养的。

（2）当然，微生物的量和原水中的碳氢含量有关，碳氢不足自然无法使微生物数量上升。还请检查。

（3）如果你的系统早就启动了，想要提高微生物数量，我觉得没有太大必要的。达到平衡就行了，重要的是处理出水的情况。

（4）特意提高微生物数量将使污泥老化，反而不利于出水水质。

（5）温度的问题，我觉得出水水温不低于 10℃，微生物活性是没有太大问题的。



(6) 根据 F/M 值的大小，可以知道微生物数量是否太低，该值不大于 0.25，就说明你的微生物数量不是太低。

**问题 2.** 如何降低污水厂的能耗？政府拨的经费可怜，希望您能介绍一下运营管理方面的经验。

**答复：**

污水厂运行费用最大的应该是电费。如果污泥是委托处理，其费用也很高。针对以上问题可采取如下措施。

(1) 降低曝气量，以减少电费。我的经验是，理论上的曝气池溶解氧控制在 3mg/L，不利于节能降耗。通常，我认为，若生物系统是低负荷运行（F/M 小于 0.15），溶解氧控制在 1.5mg/L 已经足够了。由此可产生节电效果。

(2) 系统有调节池、中段提升泵站的，可发挥其储水能力，以进行间隙运行来降低运行费用。

(3) 废弃的污泥，可根据情况用于厂内花木堆肥，由此只需增加点人工费用即可。

**续：**溶解氧控制在 1.5mg/L 时，在北方的冬季会不会影响一些高效的微生物繁殖（氧化沟工艺），降低出水水质？

我的愚见是：

(1) 微生物繁殖的速度与原水中碳氢含量的关系最为密切。

(2) 我平时运行的曝气池（氧化沟）出水溶解氧浓度一直维持在 1.0mg/L，冬天也没有太大变化的，你可以尝试一下，自己调整和摸索出自己水厂的合适参数。

(3) 控制低溶解氧的出水，可以使微生物在沉降阶段，加强内源呼吸，十分有利于微生物重新进入生物池首端后发挥更好的吸附氧化作用。

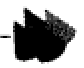
**问题 3.** 我想咨询一下化工污水处理过程中，水解酸化池和接触氧化池污泥培养问题。水解酸化池的填料上一直没有活性污泥挂上去，影响了处理效果。前段时间进水浓度 COD 在 1200mg/L 左右，已有一个月时间，这段时间我把进水浓度降到 COD 400mg/L 左右，发现接触氧化池填料上的污泥有减少的迹象。请问怎么样才能把水解酸化池和接触氧化池中的污泥尽快培养好，其进出水指标怎样才最理想？

**答复：**

我对水解酸化和接触氧化工艺的运行接触时间不是太长，以下个人观点仅供你参考。

(1) 水解酸化段可以将大分子物质转化为小分子的物质，由此利于后段生物对有机物的降解。也就是说，水解段的污染物质不易被微生物所降解。

(2) 有鉴于此，在水解酸化池加设填料并长出生物膜来就需要原水有足够的有机物和水力停留时间。



（3）COD 1200mg/L 的原水，我想在停留时间不足时，自然不会有生物膜产生了，更不用说 400mg/L 了。所以，连接触氧化池生物量也会下降。

（4）生物量与进流水有机物量是平衡的，我想，你的进水浓度还不足以产生挂膜，但出水水质应该还可以吧！

（5）现阶段，只要出水可以，挂不挂膜又有多大关系呢！

**问题 4.** 鼓风机压差过大，应该怎样做？还有，最近出水水质变差，SS 明显变大，应该从什么方面考虑它的原因？

**答复：**

（1）对鼓风机压差过大我没有什么心得，不能为你解答参考。

（2）SS 明显变大，原因实在太多了。短时间的变化，可能与负荷过大有关。长期的、周期性的变化，则可能与丝状菌膨胀或者污泥老化有关。

（3）还请检查控制参数及进水成分变化情况，做出判断和处理方法。

（4）污泥龄、食微比、进水水质、前段物化处理效果、丝状菌检查等是重要的考察方法。

**问题 5.** 本人所处理的污水中含有硝基苯和苯胺类物质，工艺为调节池－汽浮－加酸罐－铁碳池－加碱罐一沉池－水解酸化池－接触氧化池－二沉池－出水。在培养过程中，我加入了邻近化工污水厂的污泥进行接种。氧化池中 BOD 为 400 多（可能因稀释倍数太大，误差较大）。前期进水 1200 时出水有 800 多。因此才降低进水浓度。现因出水没达标，环保局有异议！我不知有无更好的方法既使出水达标（100mg/L）或接近达标（因这是目前最明确的目标），又能起到污泥培养作用，使以后的出水不至于有反复？另外我想再问一下：一沉池、二沉池、污水脱泥房采用的絮凝剂用何种较好？一般浓度及投入量是多少？现在一沉池、二沉池絮凝效果不是很好（我采用的是聚铝 PAC）。



**答复：**

很高兴你提供了大量的参数。

（1）硝基苯和苯胺属于难降解的污染物质，对此类废水的去除，各过程控制段都应控制得当，否则处理水时会有压力。

（2）投加絮凝剂 PAC 前后你需要测一下有机物的去除率。我建议同时组合投加助凝剂（PAM），相信在该物理段对有机物的去除率会提高的，由此将减轻该类难降解物质对后续生物系统的冲击。

（3）在工厂内部，采取节水措施，减少产水量，并降低二沉池回流水量，回流比可取 50% 以下。通过以上方法，提高污水在生物系统内的停留时间，对去除率的提高有益。

（4）如果可以的话请告知现阶段处理水量、接触氧化池容积、溶解氧控制值、接触氧化池生物浓度等参数。

（5）PAC + 阴离子 PAM 是比较好的絮凝剂组合。二沉池通常是不用絮凝剂

的。脱水机房通常使用阳性的 PAM 即可，当然有些情况下也可以使用阴离子和非离子型的 PAM。

（6）投加浓度各个水厂水质不同，还请自己通过杯瓶小试予以确定。

**问题 6.** 我们处理的是生活污水，其他污水厂好像没有这种出水带绿的现象吧？我们的进水 BOD 很低，在 50mg/L 左右。我想问一下，怎样去控制微生物处于什么阶段呢？在厌氧后进入氧化沟，这个溶解氧有规定吗？还有我们投加尿素和磷酸二氢钾，目的是改善微生物的活性，那应该要注意检测什么指标呢？如果微生物的活性大，那会不会引起其他反效果呢？如沉降性不好和降解速率过大导致营养物不够而衰竭等等问题。

**答复：**

（1）我不太了解你们水厂的具体情况。因为 BOD = 50mg/L，COD 也就在 130mg/L 左右。

（2）既然是生活污水，N、P 应该不会缺才对。投加尿素和磷酸二氢钾似乎没有必要。

（3）如此低的进水浓度，不知道出水浓度是多少，去除率又是多少呢？

（4）氧化沟的曝气方式对微生物降解有机物还是比较合理的，即溶解氧分布是前高后低的。

（5）处理低浓度污水，容易导致污泥老化，出水夹有多量细小的活性污泥颗粒。此部分会导致出水 COD 上升，不太严重的活性污泥随出水流出，其 COD 上升幅度在 10～20mg/L 之间。

（6）我建议减少曝气量，保证出口溶解氧在 1.5mg/L 就够了。这样可以避免活性污泥自氧化过快。

（7）我想相对于你的氧化沟容积，你的处理水量应该比较大的，即表面负荷较高。所以，BOD = 50mg/L，你的 MISS 还能保持在 1000mg/L。负荷较高，过流速度也会提高。由此，微生物沉降不充分，也可能有活性污泥随放流水流出。

**问题 7.** IC 反应器在运行时并没有颗粒的排放设施。我们知道污水中含有一些悬浮物质或者比较难降解的物质，如果颗粒污泥多了是不是要从出水中流走呢？那么它是否有后续的工艺呢？

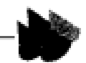
**答复：**

在厌氧处理工艺方面我应该算是个外行吧，所以对你的帮助可能有限。

（1）IC 反应器，包括其他类型的反应器，在选择和使用上，都有适用性和使用要求的。

（2）对 COD 浓度低、含无机杂质多的废水，我想是不太适用此类反应器的。

（3）厌氧段的微生物，本身自氧化能力极强。分解有机物不是不需要氧，



只是不是空气中的游离态氧，而是利用了有机物分子中的化学结合氧罢了。由此，厌氧微生物对难降解有机物也会产生较好的去除率的。

（4）污泥不外排，其必然有部分污泥老化，通过内源呼吸和其他生物的利用后，产泥量就不明显了。

（5）出水流出的污泥自然也是排泥的一种形式，只是大量产生污泥的流出，应该与系统产生了故障有关。

（6）后续工艺的话，如针对流出的污泥，自然是加强反应器本身的运行为主了。我想没有必要设沉淀池或过滤池吧！

**问题 8.** 低温条件下如何进行生物培养启动？需要注意哪些事项？污水属于市政污水，大部分是工业废水，COD 在 500mg/L 左右，当地气温在 -8℃左右，水温在 10℃左右，要求出水在 60mg/L 以下。请您指导一下启动的方式及注意事项。

**答复：**

（1）选择处理水水质接近的水厂污泥接种是有必要的。

（2）水温在 10℃培菌应该没有太大问题的。

（3）要求出水在 60mg/L 以下比较苛刻，我不知道你的工艺如何，如果满负荷运行的话，终沉池不是特意放大容积，我想长时间保持此出水指标是有困难的。

（4）培菌的方法，一些教材和工具书上都有的，我不多讲了。



（5）应该注意，启动时连续曝气是必要的。但长期过量曝气是不利于微生物迅速繁殖的，特别是你的进水有机物浓度较低的情况。

（6）根据水质，补充营养剂也不可少。

（7）进水量的控制需逐渐提高。

**问题 9.** 在北方活性污泥法与接触氧化法哪种工艺对印染废水更有效？脱色在生化前好还是在生化后好？

**答复：**

（1）印染废水应该是比较难处理的废水。其污染物的分解需要较长的生物氧化和接触时间。

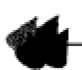
（2）显色分子对活性污泥来说处理是有难度的，一般的微生物对显色物质的去除大多是吸附后随排泥而排出的。

（3）脱色我觉得应在生化处理段前，剩下的不易去除的部分再通过生物吸附去除应该比较好一点。

（4）接触氧化法应该较传统活性污泥要好一点的，因为接触氧化法，生物停留时间较长，易于分解难降解有机物，同时，生物膜局部厌氧也有利于去除难降解有机物。

以上仅为参考。

**续：** 我所提出的问题，如果从运行费用的角度去考虑，会有什么结果？比



如说物化在后，是否会降低絮凝剂用量？您说生化可以降低色度，生化对去除色度有明显的效果吗？

**答复：**

（1）费用是在电费上，你可以自己比较一下，我想接触氧化法会省一点的。

（2）你毕竟还有一个达标排放的问题，物化在后，生化系统能抵的住吗？恐怕生化系统会麻烦不断。而且，生化过后的悬浮物和色度，物化是不易去除的，即使去除，其药耗也很大的。

（3）生化降低色度有效，但不是特别明显而已，对物化后的色度等效果还可以。但物化在后恐不可行的。因为，本身印染色度物质对生物是有影响的，少量低浓度的色度物质对生化系统才比较保险。

**问题 10.** 我厂目前遇到困难，进水含有大量印染废水，对我厂目前培菌有影响吗？进水外观为较透明的淡红色水，COD = 290mg/L，BOD = 20mg/L，pH 值 = 5.6。我们采取的是氧化沟工艺，目前菌种还没有培起来，还处在摸索阶段。进水的 pH 值太不稳定，有时 3，有时 9，而且进水的 BOD/COD 严重偏低。我们的菌种还没有培起来，原水比较复杂，泥沙多，营养成分较低，pH 值变化大。活性污泥浓度上不来，我们采取的间歇式培菌已经近两个月，收效甚少。希望高手指点一二！

**答复：**

（1）这个事情确实比较难于帮你。

（2）我想目前的任务是培菌，至于出水是否超标已不太重要了。

（3）提高原水碳氢含量是必须的。印染废水本身不易降解，作为氧化沟工艺，虽较传统活性污泥法的运行负荷为低，但是，在低 BOD/COD 值时，且存在难降解的印染废水时，培菌确实困难。

（4）减少曝气量，以满足最低溶解氧要求即可。否则低负荷状态下，活性污泥将自身氧化或随出水流出。

（5）增加各池进出水切换频率，不至于使微生物在营养缺少的情况下沉淀时间过长，过长的停留时间也将使微生物自身氧化而不易培菌。

（6）其他一些如 pH 值调整、检测方法、提高泥沙去除等还请自己斟酌处理。

参考而已。各位此方面的专家也请指点。

**续：** 目前经过耐心调试两个氧化沟的污泥已经渐渐起来了（共有四个氧化沟），SVI 值 30 左右，二沉池的出水还存在漂泥现象（本来污泥就不多）。我们的操作为：有符合要求的原水（pH 值、色度等）进，两个氧化沟各开两台曝气（DO 为 8 ~ 9mg/L），曝气机为表面式，功率为 30kW。四个二沉池回流到这两个氧化沟，两台回流。进水 COD = 350mg/L，BOD = 80mg/L，SS = 60mg/L，进水水质不是很稳定。请多多指教培菌后半段的工作。



**答复:**

（1）培菌有改善，恭喜你！

（2）看了你的描述，我觉得你的工艺好像有点不像氧化沟工艺了。不管是何种工艺，我觉得你的溶解氧控制似乎高了，测一下曝气池出口的溶解氧吧！大于1.5mg/L的话，曝气机关掉几台，如果关掉后充氧会不均匀，就频繁切换一下吧。

（3）注意营养剂的合理投入。

（4）你们已经对原水有所控制，我想培菌会顺利的。

（5）活性污泥的流出，和你的负荷相对高、活性污泥量少等有关，培养到一定程度自然会消失的。而且，流出去的恐怕大部分也是性质比较差的那一部分污泥。

**问题11.** 如下概念不明，请帮助！① 活性污泥培养过程中C∶N∶P＝100∶5∶1，但是怎样计算面粉、尿素以及磷酸氢二氨的投加量？② 我厂在培养过程中可能出现污泥膨胀现象，镜检应该怎样监测？③ 请告诉我详细的培养和驯化活性污泥的具体操作。谢谢！

**答复:**

（1）其实不但是培菌，运行中，营养剂的添加也可按照C∶N∶P＝100∶5∶1来确定。但要注意，检测生物系统进水前原水中的氮磷含量，并予以抵扣掉。

（2）投加面粉来促进培菌，有点浪费吧！直接将面粉溶解在水中，检测$BOD_5$，然后根据投加量及水量换算一下就可以了。

（3）尿素的氮含量好像是46%，计算投加量时不要忘了。

（4）磷酸氢二氨你根据分子式自己计算一下磷含量吧！

（5）根据日实际处理水量（如1.5万吨），进水$BOD_5$＝200mg/L，进水几乎不含氮磷（含则扣除），则，尿素投加量＝（15000×200×5）/（100×1000×0.46）＝326kg；磷酸也同，只是分子中的5换成1，分母中的0.46换成磷酸氢二氨中磷的含量。

（6）丝状菌检测是容易的，但控制是比较困难的。

（7）我所见到的丝状菌或类丝状菌通常具备如下特征：呈透明半透明状，细如发丝，粗细均匀，有的体内带硫粒成黑点状，部分具有活动性，甚者菌体长出细小分枝以扩大吸收养分的能力。光学镜600倍放大可见到，内部构造1000倍放大可见。

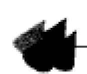
（8）藻类有的形状也如丝状菌，但大凡带绿色而可区分！

（9）培菌和驯化有专门的教材和工具书，你可以看一下，我这里不可能一一列举的，还请原谅！

**问题12.** 二沉池有时出现跑泥现象是什么原因？

**答复:**

我想出现二沉池跑泥的原因是很多的。



（1）生物系统处理负荷（水量和浓度）变大，可以出现跑泥，多为水量增加后，二沉池的停留时间就缩短了，活性污泥来不及沉降就流出了二沉池，由此产生跑泥。同时，进水浓度增高会导致活性污泥活性增强，不利沉降，出水混浊而带有跑泥现象。

（2）过于低负荷运行，污泥老化后，微生物自身氧化，解絮，同样会产生跑泥。

（3）丝状菌膨胀，污泥来不及沉降也会产生跑泥现象。

（4）另外，气温低、曝气过度、pH 值变化过大、有毒及惰性物质进入生物系统等等，也会产生跑泥。

（5）我想，掌握这些原因，还得自己在实践中反复体会，才能灵活准确的加以判断。当然，相关检测方法也必不可少，它是你判断的依据。

**问题 13.** 如果 BOD 太低了应该采取什么措施？还有上次你说氧化沟各廊道的 MLSS 不一样，我也想明白是因为有机物逐渐减少吗？但我用 MLSS 仪测了一下各廊道，发现它们的值差不多，这是这么回事呢？

**答复：**

（1）我还是那句话吧，有多少有机物，就能产生多少微生物，因此，低 BOD 就需要降低活性污泥浓度与之适应。刻意的提高污泥浓度，就会导致泥龄延长，而使污泥老化。

（2）对于低 B/C 比的废水，应该尽量通过物化段或者水解酸化来提高，这样微生物运行时就轻松了。

（3）同时，加大生物污泥回流量来降低微生物在生物池中的停留时间，可以降低微生物老化程度。

（4）氧化沟工艺，应该说受侧池有沉淀功能的影响，其浓度应该高于中间池的浓度。

（5）你用 MLSS 仪检测对比，也没有太大必要的。因为，运行中有的廊道在沉淀，你如何测 MLSS 呢，而不同时间的测量值，我想也没有对比性吧！

（6）各廊道微生物是动态的，发生着浓度的变化，处理阶段不同以及进水的影响，各时间段浓度也有区别的。对于因有机物浓度降低而导致污泥浓度分布降低，我想在氧化沟这个池体容积内还不会有明显的反应。

**问题 14.** 活性污泥生长较快，出水中 TP 忽高忽低，请问，这该如何控制污泥量？

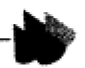
**答复：**

（1）排泥是总磷去除重要的途径。

（2）污泥生长过快，我想排泥也会加大吧，这有利于总磷的去除。

（3）厌氧的控制，有利于嗜磷菌对磷的有效去除。

（4）进水有机物的浓度对磷的有效去除也有影响，低负荷运行较高负荷运



行，总磷去除率偏低。

（5）对于出水中TP忽高忽低，我想跟进水含磷浓度的变化、营养剂投加量的变化、溶解氧的控制以及上面讲的排泥等情况有关，你可以检查一下。只要不是设计中的重大问题，我想总磷控制都是可控的。

**问题15.** 在CASS工艺设计时应注意些什么？同时出水堰如何设计（负荷取多大比较合适）？在该工艺中所用到的设备都有哪些？我初次接触该工艺，对所涉及到的设备不太了解，请你多多指教！同时活性污泥如何进行培养驯化？整个工程在调试运行适应注意些什么？如何能实现很高的自控技术？在曝气过程中，哪种曝气装置比较好？

**答复：**

（1）CASS工艺，我曾参观和了解过，但是具体的操作我没有涉及，所以对你的帮助可能有限的。

（2）CASS工艺有点像我们比较了解的SBR工艺，属批次处理范畴。为了提高脱氮除磷的效果并抑制丝状菌的增生，曝气池前又加设了厌氧和缺氧段。

（3）设计中应该根据水量和负荷来确定各池的大小及比例。

（4）出水堰大多由滗水器代替的，保证排水时液面均匀下降。排水量可根据设定的排水时间来确定选择。



（5）所用到的设备与SBR工艺接近，滗水器和厌缺氧段的潜水式搅拌机要设置。当然还要一套自动控制装置。

（6）污泥培养也没有太大的特殊之处，首先接种污泥，24h闷曝，而后正常曝气（不要过度），先少量排水少量进水，然后逐渐提高进水即可。

（7）调试和运行过程中要自己总结合理的操控参数，如进水、反应、沉淀、滗水的时间、回流污泥量等。

（8）曝气装置选择。对曝气头选择应保证沉淀时不堵塞，也可选射流曝气器，搅拌和充氧都比较好，也很少发生堵塞。

**问题16.** 这次请教几个问题：

（1）进水含有大量的印染废水，只要曝气二十几分钟，氧化沟上就有半米高的白色泡沫。一个氧化沟有六个曝气机（30kW），曝气机的主要作用为充氧和推流。DO基本上为8～9mg/L，所以我一般交替开启曝气机。印染废水除了白色泡沫外，还有什么危害？该怎样杜绝？

（2）进水时该开启几台曝气机？不进水又该如何操作？

（3）二沉池该开几台回流？一台还是三台回流泵（37kW），才不导致出水带泥？

（4）氧化沟的MLSS有所增加。$SV_{30}$达到5%，但是污泥比较细小，泥相还是比较好，可发现菌种。接下来的工作该如何开展？

（5）可以打剩余污泥吗？

**答复：**

（1）白色泡沫的产生和印染废水关系不是很大的，应该是你的生物数量少，相对进水浓度负荷很高，由此，在底物较高的情况下曝气，自然会产生白色不易破碎的比较粘稠的泡沫了。这也是生物培养较好的几个池不产生泡沫的原因吧。只要生物数量上去了，泡沫是会消失的。

（2）如果你检测溶解氧时，每个断面测定值都是8～9mg/L，那么，是一定要降低曝气量的。可能你会觉得已经开很少的曝气机，怎么溶解氧还很高呢？我想这是因为微生物数量少，氧的利用也就很少了。

（3）我认为你可开2台曝气机，并交替开启，但首端一定保证有一台进行充氧。

（4）印染废水浓度不高，危害不是很大；浓度过高，其不易降解的物质将影响生物正常代谢，以致印染废水生物培菌比较慢。同时前段物化控制不好，对生物产生冲击，就会使出水色度上升，产生超标现象。

（5）污泥回流按略大于正常回流比即可。100%回流也是可行的。

（6）在相对负荷未降低的情况下，我不建议你排泥。

（7）飘泥的产生，跟你曝气过度是有很大关系的。

（8）表面式曝气机，有一个缺点就是不易调节充氧量，关闭设备来减少充氧又导致搅拌不足。

**问题17.** 一城市污水处理厂，3万t/d，氧化沟工艺，前置缺氧区，有脱氮除磷功能。进水TN：30～35mg/L，出水要求控制12mg/L以下。氮的去除率要求很高，传统硝化反硝化控制很难满足，不知有何良策？还需要我提供哪些数据？请指教。

**答复：**

（1）进水TN：30～35mg/L，出水要求控制12mg/L以下，我想这个去除率并不高，只是，浓度越低，去除率越难提高而已。

（2）反硝化段厌氧控制如何？回流不要太大，否则很难做到厌氧状态，自然反硝化效率就低了。

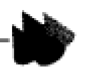
（3）当然，你的回流比高，前置缺氧段容积小，这两个因素，都降低了反硝化菌在厌氧区的停留时间，也会反硝化不彻底。

（4）底物是否偏低也可考察的。

**问题18.** 现在的污泥龄很短，顶多有4天，这个是通过污泥浓度和排泥量算出来的，不是去通过控制得来的。我观察到曝气池的生物沉降性很差，二沉池表面有很多可能是漂泥吧，总之是悬浮状的，所以出水比较混浊！我刚开始怀疑是曝气太大破坏了絮凝性，但我们的溶解氧不是很高啊，设定在1.5mg/L，究竟原因是什么啊，能不能帮我分析一下？

**答复：**

有关以上问题，我在本站前面的交流中已有阐述。



(1) 我认为，不论你是科班出身还是半路出家，对废水处理的生物系统各操控参数的理解，只通过教科书和相关工具毕竟是有限的，书中多半解释不够清楚或者各参数间的联系阐述不够明了。为此，我们做废水的同仁，就应该将各参数的调控在实践中进行总结，如此操控对参数的认识就比较明了了。

(2) 传统活性污泥法，污泥龄4天的操控，如果进水浓度高，水量大（即污泥负荷高）时，没有太大的问题，但是污泥负荷不高，如此污泥龄控制是不合理的。

(3) 如果你对各参数的操控理解比较透彻，那么，不论是通过污泥浓度和排泥量算出来的，还是去通过控制得来得都没有关系。但要和其他参数一起考虑，总结各个情况下的最佳控制点。

(4) 曝气池沉降性差，依据的参数是 $SV_{30}$ 值，30%以下比较正常，否则应用显微镜检查丝状菌的增殖情况。

(5) 上清液的混浊，多半是污泥负荷较高，导致生物活性增强，不易沉降。通过显微镜可以观察到多量的非活性污泥类原生动物，比如，侧跳虫、滴虫等常见的快速游动型纤毛虫。此类生物可以直接利用游离的细菌及有机物作为食物源。在负荷高时，游离不易絮凝的细菌增加，为此类生物提供了大量食物源，由此导致大量增生。不易絮凝的细菌和此类原生动物，导致活性污泥沉降变差。



(6) 飘泥产生的原因也很多，从空间产生来源考察一下，是池底沉降后又浮上来，还是未沉降到池底就浮上来了呢？颜色、黏度、上浮物显微镜检查都是要检查的。少量产生是没有太大问题的，大量产生将使出水指标上升，曝气池污泥量减少。

(7) 正常的微生物是不易被曝气所打碎的，在水切力小的时候可以快速絮凝。

(8) 溶解氧控制在1.5mg/L，是基于成本控制而言，而且是指曝气池出口出水的溶解氧含量。曝气池首端的曝气要经常检测，必须予以保证，因为，吸附氧化的主要位置就在前2/3的位置，后1/3就应该为其絮凝做准备。试想，出口过度曝气，其生物活性被动升高，怎么利于二沉池的生物絮凝沉降呢？尤其是污泥老化时，污泥黏度升高，很容易粘附曝气的小气泡而有浮泥，不易沉降。

**问题19.** 进水 COD = 150mg/L，BOD = 35mg/L，出水 COD = 90mg/L，BOD = 28mg/L，这是目前我厂的情况，而且进水量还不连续，开泵抽30min，就要停机（没有水抽），一般是抽30min，停40min。镜检只有鞭毛虫，数量不多；$SV_{30}$ 只有3%。氧化沟可以看到大量小颗粒的污泥翻动。二沉池的压缩沉淀效果还可以。请指点：怎样提高 MLVSS 以及下阶段该注意的事项？

**答复：**

(1) 我想水量的升高和进水污染物浓度的提高，是您的系统正常运转的根本前提！

（2）MLVSS 的提高还是依赖于上面的前提。

（3）既然水量不够，就暂且关闭几条线运行，也可提高水量，集中运行培养，等水量提高后再全部开起来吧！

**问题 20.** 请教 OOC 工艺：该工艺运行如何？吨水投资和运行成本如何？国内污水处理厂使用情况如何？

**答复：**

OOC 工艺和 OCO 工艺一样，是对曝气池的一种改良工艺。OOC 工艺是将曝气池分内圈、外圈，内圈为曝气区，外圈则是曝气和非曝气的交替循环区，国内运用较少，其适用于处理污染负荷较低的污水，具有节约能耗、降低运行费用、出水水质好、简化管理、保证稳定运行等优点。

**问题 21.** 二沉池为圆形周进周出（不是中进周出）。在出水堰板 1m 范围内有细微的浮粒从池下往上反涌，外观很不好。只是我们的出水还没达到标准，COD 大约 89mg/L，BOD 大约 28mg/L，SS 大约 23mg/L。目前培菌工作进展比较顺利，$SV_{30}$大约有 10%，镜检可以看到少量的轮虫，跟这两天下雨、进水量大有关吧。但我们进水的 BOD/COD 太低，导致培菌工作比较缓慢，现在还没有排泥。针对我们目前的状况，我有几个问题：

（1）是否可以连续进水，我们的污泥是否已经耐一般的冲击负荷？

（2）氧化沟 DO 大约有 8mg/L，是否只要开一台曝气机推流？还是偶尔开动曝气机（氧化沟前面有进水推流，尾部有回流污泥推流）？

（3）估计什么时候开剩余污泥泵？怎样控制回流比？

（4）另外，我们要注意什么？我是才入行的。

**答复：**

（1）好像前面我们也有过交流，培菌顺利，祝贺你！

（2）有 10% 的沉降比，F/M 不要大于 0.25，连续进水是没有问题的。

（3）检测氧化沟混合液流入二沉池的溶解氧是否满足要求，有 1.5mg/L 的溶解氧就可以了，最好考察整个氧化沟的溶解氧数据，然后决定曝气方式。

（4）如果，氧化沟混合液流入二沉池的溶解氧大于 3.0mg/L，我想，一是能源浪费，二是出水夹有细小未沉降活性污泥颗粒。

（5）间断的短时间排泥是有必要的。否则 10% 的沉降比，会有很大的折扣。

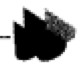
（6）回流比的控制，可根据进水量来调节，和传统污泥法一样，如非脱氮除磷，50% ~100% 皆可。

（7）轮虫产生和数量，与下雨、进水量大没有太大关系，与低负荷、污泥龄长有关联，也提示可以连续进水、提升负荷了。当然，也要求适当排泥。

**问题 22.** 请教 SBR 池内浮渣如何避免或去除（无初沉池）？

**答复：**

有关浮渣的问题、产生原因，在本站前面的交流中已有述及，可以参考一



下。解决方法应该从产生原因入手。通常，大量浮渣（而非泡沫）的产生，多半是丝状菌大量增殖导致的，通过显微镜、$SV_{30}$等可以判断。少量产生，与污泥老化、惰性物质流入、过度曝气有关。

总之，通过各种检查方法，了解浮渣产生原因是解决浮渣的根本途径。

**问题 23.** 请指教一下：30 万 t/d 污水厂现在出水含磷量在 1.3mg/L 左右，为了达到 0.5mg/L 的排放标准，系统需增加多少投资（设备、管线）？日后的运营成本需要多少？污水厂采用的是奥贝尔氧化沟工艺。另，SS 有时出水 26mg/L，请教什么原因？怎样处理能达到 20mg/L 的排放标准？谢谢！

**答复：**

（1）通过增加设备来达到处理效果，我的能力有限。望见谅！

（2）通过调整操控参数是否可以达标，值得一试。

（3）SS 超标，原因很多，应该和你的工艺中活性污泥老化有关。同时，老化的活性污泥同样会影响活性污泥的除磷功能，请对症处理，进行必要的排泥。

**问题 24.** 在皮革废水处理中，使用传统推流式活性污泥法，活性污泥中丝状菌过度繁殖，怎样才能有效控制污泥膨胀？

**答复：**

根据我的经验，丝状菌的产生与如下情况有关：



（1）溶解氧。溶解氧过低，长期低于 1.0mg/L 运行；或者生化池局部有供氧死区。

（2）食微比。通常在低负荷（低于 0.1）情况下容易产生丝状菌增殖，特别是首端没有厌氧或缺氧段工艺时。

（3）进水成分单一。大部分工业废水进水成分单一，不利于正常菌胶团菌的生长，反而有利于丝状菌增殖。丝状菌和正常菌胶团菌是两种需要不同生长环境的生物类群。

大家应从操作环境是否有利于菌胶团菌的角度去考虑解决方法。通过改变操作方法，是可以在一定程度上缓解丝状菌膨胀的。处理得当，更可使丝状菌消失。

教材中提到的加惰性物质、漂白粉、提高 pH 值等等方法，是可以尝试的。但是关键在于操作方法的合理，因为在丝状菌高度膨胀时投加惰性物质、漂白粉、提高 pH 值等可以起到迅速的效果，但丝状菌容易产生适应性，多次使用，终会失效。对于高度膨胀的丝状菌，为保出水达标，生化池出口适当投加一些 PAC 提高沉降效果是可行的。

**问题 25.** 目前，我们处理的废水浓度在 2500mg/L，在进生化之前 COD 也达到 1500mg/L 左右，废水平均停留两天，曝气池溶解氧控制在 3～4mg/L，出水 COD 在 350mg/L，污泥龄维持在 10～20d，二沉池停留 6～9h。但是污泥常年膨

胀，沉降比始终在200以上，尤其在冬天，二沉出水经常泛泥。不知道这类的丝状菌生长是否是皮革废水处理中所特有的，也是皮革废水处理所必需的？对于以上困惑请不吝赐教，并请对运行管理做些指点！

**答复：**

请告知如下参数：

（1）食微比；

（2）出水氮磷浓度；

（3）曝气方式；

（4）生化池各点溶解氧分布情况；

（5）排泥方式和频率；

（6）是否周期性发作；

（7）高度膨胀时有无浮渣产生；

（8）生化池长期pH值变化幅度；

（9）日处理水量；

（10）是否连续处理，及各时段处理流量变化幅度；

（11）污水厂在那个城市；

（12）生化池停留时间为何长达两天，MLSS浓度是多少；

（13）前段物化处理工艺如何，各指标去除率如何。

以上还请提供参考！

**续：** 平均参数如下：

（1）食微比0.05kgBOD/kg（MLSS·d）；

（2）出水氮氮浓度100mg/L；

（3）曝气方式：穿孔管曝气；

（4）生化池各点溶解氧分布情况：均匀分布；

（5）排泥方式和频率：污泥回流提升处排泥，200t/d；

（6）是否周期性发作：常年膨胀，SV保持在95以上；

（7）高度膨胀时有无浮渣产生：无明显浮渣；

（8）生化池长期pH值变化幅度：变化不大，各廊道从7.3~7.6下降；

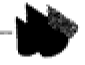
（9）日处理水量：4500t/d；

（10）是否连续处理及各时段处理流量变化幅度：连续运行，流量变化20%左右；

（11）污水厂在哪个城市：上海；

（12）生化池停留时间为何长达两天，MLSS浓度是多少：生化池单池容积6000$m^3$，一共两组，推流式MLSS在4.5mg/L；

（13）前段物化处理工艺如何，各指标去除率如何：曝气沉砂池、调节池、初沉池前段COD去除率50%左右，SS去除率40%~60%，氨氮无去除率。



望指迷津！

**答复：**

看了您的回复，我觉得，长期低负荷运行，可能是您处生化系统丝状菌膨胀原因。可将食微比提高到0.2以上。同时，检测一下出水总磷，偏低的话，不利于正常菌胶团菌的生长。

**问题26.** 最近我们放空沉淀池，不知道为什么进水大概一天后就有很多浮泥，是黑色的，已经持续了一个多星期了，现在还有。究竟为什么会发生这种情况？有什么办法补救或者预防呢？

**答复：**

如果放空以前没有这种情况的话，可能是放空水池时没有完全放空污泥，污泥在二沉池存放的时间过长，致使污泥发生了厌氧反应，所以会有黑色的污泥上浮。如果是这样的话，这种情况自然就会慢慢减轻的。

**续：** 不是的，放空时已经把沉淀池用水清了一遍了，不存在像你所说的剩下的污泥。这种情况是会随着时间逐渐转好，但在这段时间内严重影响了我的水质，也是一个问题啊！最好能避免！

**答复：**

（1）我不知道，您的沉淀池是废水处理的沉淀池，还是做自来水的沉淀池。

（2）如果是废水处理的沉淀池，我想你应该检查一下清洗前和清洗后，沉淀池进水的工况有无变化，如进水量、进水溶解氧含量、进水停留时间等。

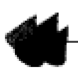


（3）作为好氧生物处理，二沉池污泥发黑上浮，首先应该考虑池内溶解氧含量，避免出现缺氧或厌氧。

（4）沉淀池回流污泥是否通畅，回流量是否过小，刮泥设备是否隐藏故障，也要检查一下。

（5）如果是初沉池污泥上浮，可考虑废水有机颗粒物浓度是否增加，排泥是否到位，停留时间是否过长，刮泥设备是否隐藏故障等。

**问题27.** 我们厂是双沟氧化沟工艺并且沟前有厌氧段加强除磷，就是所谓的加强型DE工艺，设计处理量2.5万t/d，水温15℃，进水BOD、COD较设计值低50%左右，COD只有80mg/L，TN18mg/L，TP1.8mg/L。现在我们厂培养污泥有一个月了，培养方法是：12月17号开始，8台转碟加4个水推一起曝气3~4h，再静沉1.5h排水，再进水1.5h，再曝气3~4h循环。两沟DO都在7~8mg/L左右，随后做的$SV_{30}$只有2%~3%，但MLSS计显示MLSS在增加。考虑是进水BOD低了，12月29号我厂从成都污水处理厂购进脱水污泥培养基（其实就是脱水污泥+饲料），一天投6袋（35kg），连续投了5天，$SV_{30}$还是只有2%~3%，SVI只有50多，MLSS计显示1000多点，但是污泥浓度始终上不来，然后，停止投培养基继续曝气到1月12号，1月11号疑为曝气过量，一沟开3台转碟，水推依然全开，DO保持在5~6mg/L，污泥暂时还没变化。请问是哪



里出了问题？怎样改进工艺？还有个问题，就是我们厂的厌氧段在满水实验后，里面的水就一直没动，现已经过了1个多月，水已变很黑，估计厌氧发酵阶段也过了，请问，如果把水放入氧化沟，是否对污泥培养有影响？

**答复：**

（1）我想你的问题，在本站前面的交流中已有提及。您可以仔细的看一下。

（2）进水底物浓度如此之低，想要提高微生物浓度是不太可能的。

（3）我不知道你有没有对生物系统进行排泥，如此进水底物浓度，我想你的活性污泥浓度1000mg/L的数据存在误差，正常情况应该在800mg/L以下。你的1000mg/L的生物浓度中可能有比较多的惰性物质。

（4）在这里，我再次认为，过度曝气，进水底物浓度过低，是不利于微生物浓度的提高的，也就是说会延长培养时间。我想，你的氧化沟有推流装置，那么，大可降低曝气量，保证DO在3mg/L就可以了。

（5）到其他污水厂获得污泥饼，投入生化池，常被称为接种，而不是增加营养物质。同时适当投加即可，多次投加并无益处，因为泥饼中大部分是无机惰性物质。

（6）前段厌氧池水流不动，我不太理解，有水进入怎么会不动呢！

**问题28.** 我厂是二廊道推流式活性污泥法，无脱氮除磷工艺，进水BOD80～110mg/L，出水进入河道。出水看上去很清，进河后，浅处也能见底，但河道水体呈浅褐色，请问这是什么原因？



**答复：**

（1）您的放流水达标排放并且河道水体为活水的话，应该排除是您的废水厂排水造成的。

（2）可以考虑是否为其他企业所为。

**问题29.** 请教各位：我厂采用氧化沟处理工艺，进水量为3700$m^3/h$，进水$BOD_5$为80mg/L左右，二级排放标准，每日排泥量为50$m^3/h$，现污泥浓度MLSS已达到13000mg/L，不知如何是好？

**答复：**

的确如此，我想，这样高的MLSS值是不可能达到的。因为如此数量级的微生物，简单曝气装置已经无法满足其供氧量了。

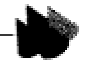
**问题30.** 氧化沟工艺的污泥回流比怎么定？

**答复：**

（1）根据定义：回流比是回流污泥量与生化系统进流水量的比值。教科书、工具书上多有参考值的，但具体定在什么控制值，可以自己在运行过程中加以总结。

（2）通过控制回流比可以提高生物活性、提高处理效率。

**问题31.** 氧化沟表面的泡沫较多，死泥也较多，影响了出水水质，排了几



次泥，没有好转。请问如何解决此问题？

**答复：**

生化系统不论何种工艺，产生泡沫或浮泥其原因是大同小异的。

（1）对泡沫的观察，重点是产生周期、泡沫颜色、黏度、易碎性等方面加以观察总结。当然，进水水质的变化、其他操作指标的改变与否也是需要观察了解的。

（2）浮泥的产生，同样要观察颜色、黏度和是否夹有气泡等，必要时同时对正常污泥和浮泥进行显微镜观察对比，以了解污泥性质。

（3）通过以上主要观察手段和要点，找出产生泡沫或浮泥的原因，加以针对性的解决，我想系统就可以回复正常运转了。

**问题32.** 工厂概况见问题27。最近针对我厂的问题，我提出了新的方案如下。

（1）对我厂进水BOD低，现购进通威饲料投加，增加营养。进水时间一般在1.5h，因为没有水能维持连续进水，同时开启回流污泥，因为检测发现回流污泥的BOD能达200多，可做碳源。

（2）曝气时间延长到5h，但控制DO在3mg/L。这是针对以前曝气时间只有3h，DO控制在7~8mg/L，后发现污泥培养初期，处于低负荷，DO高污泥会发生过氧化。



（3）二沉池刮吸泥机24h开启，不在是原来出水时才开一会，因为发现最近二沉池表面气泡很多，怀疑底部发硝，所以开24h。

（4）对回流污泥，虽然书介绍了一些回流比的计算方法，但因为我无实践经验，现是根据曝气池MLSS来调。因为我厂的污泥浓度计在池下1m处，在曝气时和静止时变化比较大，我目前定的是MLSS达到3000mg/L时关回流泵。对于排泥，我先觉得污泥都没培养成功，不准备排，当$SV_{30}$在20%~30%左右，才考虑排泥。

**答复：**

针对您的方案，我基本同意，以下几点和您探讨。

（1）我不知道您的日进水量是多少，如此低浓度底物原水，投加外来碳源启动是对的。最好投加碳源含量高、易被生物利用的碳源，比如食糖、甲醇等，投加量可以自己在实验室配制测定后再决定，先期少量投加即可。总之须遵循一条原则，即多少碳源养活多少微生物。

（2）初期培养的1~2d，可以全曝气，但之后一定要将曝气量降下来，所以您的做法是对的。

（3）初期培养回流比可以取较高值，因此150%没有问题，但您测出的回流水COD=300mg/L是已经含了活性污泥，它不会被生物作为可利用碳源利用的。

（4）污泥培养是否成功，我想能够维持食微比在合适范围，出水合格，自



然可以说培养成功了。依靠 $SV_{30}$ 作参考意义不大。

**问题 33.** 普通活性污泥法处理市政污水，发生污泥膨胀，SVI >400，决定在曝气池前端分隔设厌氧选择器。由于这方面的经验少，想搞清楚，如果把选择器设大一些，会有什么不好的吗？我们现在设厌氧选择器占总生化池体积的25%，回流污泥与污水的接触时间大约为 1h。

**答复：**

（1）市政污水发生丝状菌膨胀，不太多见，因为市政污水成分合理，不像工业废水成分单一而更易发生膨胀。

（2）增设前段厌氧池，的确是比较好的控制丝状菌的方法。

（3）单从工艺上谈，自然设置大一点为好。从您提供的资料来看，生化池停留时间是 4h，好像短了点，如果污泥负荷较高的话，建议放大该厌氧选择器。

**问题 34.** 污水处理中，为什么沉淀池出水会带绿色？池塘的水也是带绿色，原因应该差不多吧？

**答复：**

我想池塘水带绿色，绝大部分情况下是藻类所致。废水的话，处理水达标排放，也会有诸如小球藻等游动型藻类滋生，使出水带色。当然，由于原水带色，而使出水带色的情况也很常见，如印染厂废水、纸厂涂布废水等带色废水。

**问题 35.** 我们现在的污水暂时能达标，这是因为我们的管网还在建设，现在的进水很大部分都是修管网排过来的地下水，一小部分生活污水只来源于一所大学，所以进水的 BOD 很低。我们的设计进水是 2.5 万 t/d，现在的进水量根本不能满足连续进水、连续出水的工艺要求，日进水量大概就在 $8000m^3$。现在如果不看 $SV_{30}$，水是能达标，但是曝气池里好像没污泥。想到 3 月份或 4 月份管网建设完成，城市大部分污水进来，没有污泥，担心达不到标，达不到标就收不到钱，收不到钱，员工就要有情绪，如果 $SV_{30}$ 能有个 10%，我也没那么担心，但是现在 2 个月过去了，还是只有 2%，而且用马铁炉烘后发现，有机成分只占 $SV_{30}$ 污泥的 20% 左右，剩余的全是无机物质或惰性物质，这样的污泥对于 3 或 4 月份进来的污水能否有效，真是让人怀疑啊？

**答复：**

（1）有的调查工作还是需要的，比如您的外围管网建成后进水量、水质，需要有第一手参考资料，这样您才能调控好您的生化系统来迎接进水。

（2）我想现在您没有必要一定要提高 MLSS，事实上也很难提高的，可以的话，在确定管网完成和进水的时间后提前半个月，对废水投加多量（具体投加量根据计划来水量及浓度确定）附加有机物来提升 MLSS，工业甲醇比较便宜可以考虑。

（3）这样的话应该没有问题，如果成本不合算，也不用投加附加有机物，直接等来水后慢慢培养，我想操作得当也不会有几天超标的。



**问题36.** 我目前研究CASS工艺处理高氨氮污水、废水的脱氮效果，因在实验室，所以配水做，浓度为COD（葡萄糖）：400mg/L，氨氮100mg/L，磷8mg/L。用碳酸氢钠保持pH值为7.5左右，污泥浓度4500左右，时间为：曝气2h，沉淀1.5h，排水0.5h，曝气末端溶解氧为2mg/L，水力停留时间为12h，排水比1/3，回流比150%，但是目前脱氮仅仅50%左右，可否提高？如何提高？

**答复：**

我想脱氮除磷，不论何种工艺，原理多是大同小异的。您的MLSS较高，我不知道您的碳源是否充足，否则会影响脱氮效果。通过检查食微比可以了解碳源是否充足，以决定您是否应该增加碳源来提高脱氮效果。

**问题37.** 现在我们正在进行污水处理厂的启动调试，本来情况良好，可是昨日进水pH值发生变化（污水管道进了盐酸，运行了约20h），导致二沉池跑泥，且出水混浊。目前进水pH值已经正常，曝气池pH值约6.5，二沉池pH值约4.8。现在已停止进水和回流，请问系统还能否恢复，下步该如何进行？在目前调试阶段，污水进水量为$100m^3/h$，COD为50mg/L，水温约15℃。

**答复：**

（1）的确，您运行了20h，所以会跑泥。

（2）pH值偏低，不进水是不对的，考虑可以进水。

（3）回流可以调小一点。



（4）通常情况下，可能会短时间出水恶化，但是可以恢复，正常进水后，2~3d可以基本恢复正常。

（5）对于生化系统受冲击程度，最好用显微镜观察一下原后生动物的活性来加以了解。只要该部分生物未解体，通常短时间恢复是没有问题的。

**问题38.** 我们厂采用的是氧化沟工艺，近来出水COD不达标（标准为100mg/L），SV下降，但出水清，而且DO与平时差不多（0.4mg/L左右），氨氮有点偏高（不过一直都有点高）。能帮忙分析一下是什么原因造成的吗？二段曝气池有漂泥现象（AB法），曝气量不大，DO不高，可能是污泥老化？

**答复：**

（1）从您提供的数据来看，溶解氧似乎太低了，这样有可能抑制正常菌胶团的正常增殖。适当提高到1.5，我想比较好。

（2）二段曝气池有漂泥现象（AB法），曝气量不大、DO不高，有可能是污泥老化，但污泥老化与曝气量不大、DO不高没有太大的关系。

**问题39.** 我碰到一个问题，我们的二沉池近几天发现了污泥成块上浮，很松散，可能是污泥膨胀，但不是很严重。但我很奇怪的是，生化池的MLVSS在2000mg/L左右，泥龄比较短，污泥没有老化，也是在控制范围内，生化池的末端的溶解氧在2~4mg/L之间，很好啊（我们用的是虹吸回流污泥，根据我的观察，二沉池回流系统很正常，二沉池内的污泥沉淀基本上都回流了）！进水的

COD 也不是很高，二级出水 COD 在 60mg/L 以下（应该很不错了），整个生化系统十分正常。在这种情况下，为什么会发生污泥膨胀？还有就是我们在用的三个二沉池，为什么只有一个会发生污泥上浮松散，而其他两个却很正常？百思不得其解，恳求老师帮忙！

**答复：**

丝状菌的问题我也曾做过一定的研究，对您的情况我总结如下：

（1）首先应该确认活性污泥是否有丝状菌膨胀现象产生，膨胀到什么程度。

（2）通常如下方法可以判断：① $SV_{30}$ 检测；② SVI 检测；③ 显微镜检查。但是好像您给我的资料中没有这三个参数。

（3）我的经验是，丝状菌膨胀与废水成分单一、溶解氧不足、食微比过低有关。其他因 pH 值、温度等原因导致的基本不会发生，最多是起到了辅助作用而已。

（4）废水成分单一，正常菌胶团的生长容易受到抑制，而有的废水成分却利于丝状菌的增殖。

（5）溶解氧不足、曝气有死区，同样利于丝状菌增殖，主要体现在丝状菌比表面积巨大，低氧环境更利于其增殖。

（6）食微比过低导致丝状菌增殖同溶解氧不足的原因基本相同的。

（7）正常菌胶团与丝状菌所处的环境决定了是否会发生丝状菌膨胀。

（8）通过诊断手段确定是否发生丝状菌膨胀。

（9）如果是丝状菌膨胀，3 个二沉池会同时发生膨胀现象的，不可能只有一个发生膨胀，所以还请确认是否发生了丝状菌的膨胀。

**问题 40.** 新建污水厂在调试时应注意哪些问题？主要的步骤有哪些？应该在哪里找相关的资料？对了，采用的是（厌氧 UASB + 高负荷生物滤池法/固体接触法）。

**答复：**

（1）调试的问题我想您咨询贵单位环保设施的设计施工单位比较好，一般来讲施工单位是要负责调试和员工培训的。

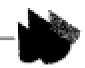
（2）污泥接种和负荷调整我想是最重要的工作。

**问题 41.** 请问啤酒废水在采用接触氧化处理时会有大量泡沫产生，且出水 COD 不稳定是怎么回事？

**答复：**

（1）处理设备产生泡沫，原因较多，您可以在本站前面的交流中去了解一下，对您如何改变操作来处理泡沫问题有所帮助的。

（2）啤酒废水是属于 B/C 比较高的废水，易于生物系统利用降解，由此生物活性较高。在冲击负荷较大、食微比过高时尤其容易产生大量泡沫（白色），通过提高活性污泥浓度一般可以缓解泡沫的产生。



(3) 由于啤酒废水受生产过程影响，每天各时间段水量和浓度变化较大，在调节池不具备较大调节能力时，尤其容易产生冲击负荷，由此，泡沫产生和出水指标不稳定的产生就有可能了。

(4) 当然，啤酒废水 pH 值变化较大，应该调整得当，保证进生化池的废水 pH 值调整到位，否则也有可能产生泡沫，但这多半是事故操作时才会发生。

(5) 由于您提供的工艺及参数等资料较少，我只能按常见的可能性给您参考了。另外其他原因导致以上现象也较多，我就不详述了。

**问题 42.** 我近来在工程实施过程中遇到了点麻烦，非常希望能听听你的意见。基本情况是：多个印染企业的排水集中处理，主体工艺为物化 - 厌氧 - 好氧，好氧工艺为活性污泥法。现在的情况是好氧进水 COD 约在 600mg/L，硫在 100mg/L 左右，好氧池出水（静沉）COD 约 100mg/L，污泥浓度（MLSS）800mg/L，F/M 约在 0.35 左右，好氧池末端溶解氧在 2mg/L 左右。棘手的问题是污泥在二沉池中沉淀性能很差，多呈悬浮状态，随出水流失严重，二沉池底部污泥浓度很低，比曝气池高不了多少，污泥流失导致出水水质超标。对污泥镜检有少量丝状菌，我怀疑污泥悬浮的原因为结合水性污泥膨胀，但因为对结合水性污泥膨胀有哪些特征不是很清楚，因此不能肯定是否为结合水性污泥膨胀，想听你的看法，有何好的对策？还有进水中过高的 $S^{2-}$ 是否会造成污泥中毒，以及会对污泥造成什么样的后果？



**答复：**

很高兴和您交流，您的问题很好，因为您提供了较多的参数和现状给我，使我能较好的做出判断！

(1) COD 去除率 83%，应该还可以，因为，您处理的原水处理难度较大。

(2) 各指标控制的也较好。

(3) 对于出水有漂泥现象，我认为和您处理的原水水质有关，我不知道 $SV_{30}$沉降情况如何，所以不太好判断。但我想，活性污泥悬浮有两种表现：① 活性污泥絮凝后悬浮；② 活性污泥不絮凝悬浮。前者是活性污泥包裹气泡形成的，后者是污泥膨胀引起的。

(4) 通常，原水含有多量硫化物，容易导致含硫粒的丝状菌繁殖，导致污泥产生漂泥。同时硫化物含量过高，污泥容易降低活性，导致漂泥。因此，归结为硫化物含量过高导致漂泥，应该可以成立的。

(5) 我想适当提高污泥浓度，可以缓解漂泥现象。同时随着系统的运行，活性污泥应该可以被驯化而适应这样的水质的。

**问题 43.** 现有问题：我小区日排废水 50$m^3$（洗浴水、洗衣水、冲厕水、厨余水等生活废水），现想设计一套废水处理系统，要求达到排放一级 B 标准，特别是氮和磷的去除。我想采用：预处理—厌氧发酵池（回收沼气）—好氧（除磷和硝化反应）—厌氧（反硝化脱氮）这样的处理工艺，请指教该系统的可行



性？说明：首先，处理的目的是使生活污水排放达标，不要求回用。因为在新开发的居民小区没有污水集中处理设施，而排放的生活污水几乎没有处理。其次，粪便水就排放在污水中，我希望能够进行厌氧发酵产甲烷而使其分解掉，所以沼气不是目的，而是副产品，多少无所谓。最后，沉淀的污泥怎样排走是个问题，但估计污泥量应该不会很大，因为有两级厌氧分解。希望能够得到你们的帮助和支持！

**答复：**

留言和问题我都看到，很高兴和您交流！

（1）工艺设计我是外行，工艺操作是有点心得的。

（2）就您的工艺，保险系数已经比较高了，应该没有问题的，其间设计参数，还需根据水量和浓度多加斟酌。

（3）对于脱氮除磷，似乎厌缺氧段（反硝化脱氮）是放在好氧的前面的。此还请参考。

（4）污泥产量的确可以控制，因为您的处理水量不大，好氧排泥也可以回流入厌氧发酵池，如此可减少产泥的。

**问题 44.** 你提到厌缺氧段（反硝化脱氮）是放在好氧的前面的，确实如此，我为什么选择这样呢？我是想减少回流过程，因为除氮需先硝化再反硝化，好氧在前，厌氧在后正好符合除氮机理且不用回流。这是我的想法。还有除磷必须先厌氧再好氧，但是污泥，特别是好氧除磷段的污泥按机理应该及时排走。我的理解是否有误？而且要是需要排走，工程上也不好实现，因为污泥量太少。若回流，则对于除磷是否失去了意义？希望能再次得到你的指教！

**答复：**

（1）我想您的理论知识还是很好的，有此尝试自然很好！

（2）反硝化的进行，碳源的足量供应是需要的，如此，好氧出水所含碳源不足，恐对后段除氮不利，还请斟酌！

（3）在此除磷是的确需要排泥方能实现的，为此好氧还是需有排泥的，所排污泥考虑数量不多，排入硝化池硝化后即可，所产污泥硝化后挖出处理（预计硝化后产量极少）。

（4）考虑排泥量较少，因此操作上可以定期排泥。

（5）具体排泥量可在生产中通过检测排放水总磷来总结确定。

**问题 45.** 城市污水 CAST 工艺参数如下：进水量 $5400m^3/h$，回流泵流量 $900m^3/h$，现在曝气时和出水时泡沫较多，$NH_3-N$ 去除率几乎为零，其他指标还不错，请问我们该如何运行好一些？

**答复：**

（1）生化系统泡沫的产生不论何种工艺，其原因大同小异，请参见本站其他交流内容，我想可以有所了解的，这里不多言了，请见谅。

（2）氨氮去除不明显，还请根据氨氮去除机理来检查原因，如，沉淀时间是否充足（沉淀曝气时间1:1.1左右），碳源是否充足等。

**问题46.** 在这里，我就泡沫问题提一点浅见。

一般污水处理运行中的泡沫分以下几种情况。

（1）污水处理系统运行启动时泡沫，这是正常的，等活性污泥培养成熟就会消失。

（2）运行中。

1）当进水中油类和脂类太多时也会产生，这就需在进水前除油。

2）运行中出现泡沫，这种情况最多，也最难解决。原因有很多，①污泥龄过高会引起，这种情况最为常见，这时就需加大排泥量，降低污泥龄，降低曝气池的污泥浓度，提高负荷。②春夏之交和夏秋之交时，气温和水温的变化幅度太大时也会引起，这个一般也可通过工艺调整解决。③当进水中工业废水和有毒物质含量较大，达到一定的程度，也极易产生泡沫。

**答复：**

很高兴和您交流！

（1）您总结的很好。

（2）您所讲的第一点我完全赞同，油类及表面活性剂产生泡沫量是比较多的。



（3）第二点我也赞同，通常此种情况产生的泡沫多为棕黄色，泡沫表面常带有活性污泥，泡沫堆积情况不明显。

（4）您的第三点，我没有什么经验，所以不作交流。

（5）您的第四点，我想污泥中毒后处理效率降低，污泥负荷被动升高，污泥解体，由此是可以导致泡沫产生。

（6）另外，丝状菌导致大量棕黄色带活性污泥的泡沫产生也很可怕。

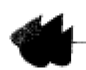
**问题47.** 我是搞污水处理的，二沉池（中间进水周边出水）最近运行不太正常，池面有很多浮泥，外圈的浮泥是淡褐色，跟污泥颜色一样，内圈的污泥是黑色的，池面还有一点油和垃圾，外观上看很难看。还有，池底有很多红虫（放空沉淀池时发现的），这样看来应该是因为DO不够啊，但好氧池的出水DO有3.0mg/L。请指点！

**答复：**

（1）您提到的内圈和外圈，我想应该是二沉池整流板的内外面吧！

（2）通常有污泥上浮，颜色应该是一样的。内圈产生黑色浮泥，应该是说明您的浮泥产生有一周了吧？内圈浮泥首先是棕黄色的，随后浮泥内部厌缺氧而使浮泥发黑。相反，外圈浮泥因为水流、堆积量少及部分流出二沉池等原因，一般不现黑色（大量产生，时间长了也会发现浮泥内部呈黑色的）。

（3）首先了解曝气池是否有浮泥产生，来鉴别是否为丝状菌膨胀所致。



（4）曝气池无浮泥，则二沉池浮泥多半是污泥反硝化造成的。可检测出水氨氮是否升高予以确认。

（5）反硝化造成的浮泥解决措施，应力求降低氮碳比人手来解决。

**问题48.** 现在有几个问题想向您请教，是关于用SBR来处理垃圾渗滤液的。原设计方案为氨吹脱—SBR—电凝聚，目前我们正在进行调试。进入SBR的水质：COD 1500mg/L，BOD 300～400mg/L，NH－N 400mg/L，因氨吹脱原因进水中含有大量钠离子和硫酸根离子。我们调试采用的是将城市污水处理厂的活性污泥用垃圾渗滤液来逐步驯化的方法，考虑到垃圾渗滤液中氨氮浓度太高，运行的各参数为：MLSS 3500mg/L，排水比1/10，运行时间为进水2h（不曝气）—曝气2h—停曝气只搅拌2h—曝气2h—停曝气只搅拌2h—曝气2h—停曝气只搅拌2h—曝气2h—停曝气只搅拌2h—曝气2h—静沉2h—滗水，24h一个周期。在开始驯化时城市污水垃圾渗滤液为9:1，8:2时还算正常，出水COD 200～300mg/L，NH－N 10mg/L以下，镜检微生物活跃，只是污泥一直不长（可能是因为污泥负荷太低），因此未排泥。还有就是池子上面有较厚的一层带有污泥的泡沫，但当比例为7:3时，虽然出水正常，但镜检发现菌胶团极为细碎，基本上看不见大型生物活体了。请教三丰老师现在这种情况该怎么办呢？缩短曝气时间、增大排水比、提高污泥负荷能否解决这个问题？但这样一来硝化和反硝化的时间够吗？



**答复：**

（1）我不知道您的食微比是多少，因此也不知道您的MLSS是否合理。

（2）如果负荷低，污泥不长，那自然是正常现象。通过生化系统不排泥来提高MLSS值是错误的，应该排泥。否则，垃圾渗滤液配比量加大时，生物系统将降低对有毒物质的承受能力。絮凝能力降低，出水产生漂泥的现象可能会出现。

（3）MLSS值在3500mg/L我想应该是比较高了，应该根据食微比适当降低！

（4）曝气和停曝时间我觉得可以适当延长，特别是1周期刚开始时。整个周期脱氮的最佳时间是在周期的前段，作为硝化完成的时间也不是延长在整个24h的周期内的。

（5）通过延长曝气和停曝搅拌周期的时间、降低活性污泥浓度，然后检测去除率，以了解摸索出较佳的运行时间控制方式。

**问题49.** 我们现在的F/M为0.1，应该是低了。我将根据您的建议调整F/M，增加排泥。另外就是反应池上面有一层厚厚的夹带着污泥的泡沫的问题，我看您在前面解释的活性污泥悬浮有两种表现：① 活性污泥絮凝后悬浮；② 活性污泥不絮凝悬浮。前者是活性污泥包裹气泡形成的，后者是污泥膨胀引起的。我感觉我们现在就是第一种情况，因为镜检基本上无丝状菌，$SV_{30}$约为40%，污水氨氮很高，是否是由于氨氮消化后大量的硝酸根离子造成了污泥中毒？那



么像这种活性污泥包裹气泡形成的污泥悬浮怎样解决呢？

**答复：**

（1）硝化后的硝酸根应该不会导致污泥中毒。

（2）食微比过低，污泥老化；不及时排泥，导致活性污泥活性抑制是产生浮泥的原因。

（3）通过排泥，提高食微比应该可以取得效果。

**问题 50.** 请教三丰，油漆废水如何处理？采用什么工艺比较成熟？

**答复：**

我个人认为，一般的工艺是：物化 + 生化处理。

（1）通过刮渣设备刮除液面漂浮的漆类物质。

（2）通过混凝加气浮去除乳化类成分。

（3）物化出水可通过生化系统降低有机物污染。

以上简要工艺，因我非设计人员多有欠缺，还请见谅！

**问题 51.** 我们是 DE 氧化沟工艺，现正处在培养污泥阶段。氧化沟、二沉池均出现大量水蚤，请问是什么原因造成的？该怎么处理？

**答复：**

（1）水蚤通常是在放流水中出现。由此说明水蚤在低污染、低浊度水质下产生。



（2）具备如上环境还要有游离的污泥颗粒悬浮于放流水中才会大量繁殖。

（3）总之，在出水水质达标的情况下，污泥轻微老化时，容易产生此类节肢动物。

**续：**你分析的原因是对的，我们厂的进水 BOD 就是很低。但是现在就是由于水蚤太多造成出水 SS 不达标，不知道该怎么解决，请指教。

**答复：**

（1）我想还是调整工艺来解决吧！

（2）负荷过低，出水水质可以比较理想，但是，污染物去除率并不高，导致的污泥老化可以为水蚤等提供食物，由此而大量繁殖。

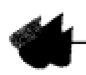
（3）适当排泥，提高食微比，可以尝试一下。

**问题 52.** 我想请教一个问题：如果常规的活性污泥工艺需容纳部分工业废水（主要是印染废水），如何对原工艺进行改进使之符合要求？

**答复：**

（1）我想，少量工业废水进入应该对生化系统不会有太大的冲击，特别是出水水质大大低于排放标准时。

（2）对于此部分印染废水，物化段絮凝沉降必须到位，否则出水达标可能存在不确定性。可以通过小试来了解混合废水的物化处理能力，既而来判断生化系统是否能够承受。



**问题 53.** 污泥曝气过量的解体可以算污泥老化吗?

**答复:**

理论上不可以这样理解，但实际操作中是可以这样理解的。鼓风曝气一般不会导致污泥解体，表面曝气稍微有点影响。要导致因为曝气而解体，必须存在污泥老化等根本原因。曝气的作用只是加重污泥解体而已，而不会单独成为污泥解体的主因。只要活性污泥污泥龄等正常，曝气是不会导致污泥解体的(至少不会出现大量污泥解体而产生厚厚的浮渣)。

**问题 54.** 我们厂出现大量的水蚤，你告诉了我生长的原因，但是该怎么解决啊？针对你说的在低浓度、低浊度环境下生长的条件，我们现在投加培养基，目前暂时减少了，但是这是治标不治本。我有个想法就是即使进水 BOD 很低，针对有好多营养物质养好多微生物来说，虽然污泥量不大，但是性状应该好才对，现在我们氧化沟的污泥含有机物成分不到 20%，是否是造成低浊度生虫的主要原因？我想如果重新培养污泥，虽然量无明显变化，但是只要含有机成分比较多，达到 70% 以上，这样，虫是否能从根本上减少？

**答复:**

(1) 重新培养大可不必。水蚤对出水的清澈度和有机物浓度都有较高要求，尚未听过水蚤过多导致放流出水超标的，所以，不必担心。

(2) 水蚤泛滥，有一定的周期及季节性，降低污泥浓度，可以解决问题。



**问题 55.** 请教一个问题：我厂是 A－A－O 工艺，在缺氧段有两台搅拌器，中间用混凝土墙隔开，在运行一段时间后发现，在走廊左右两侧都有浮泥，浮泥没几天就变结实、变干。清理后，过几天就恢复原样了，影响视觉。帮分析一下原因。

**答复:**

(1) 可能是您的搅拌设备搅拌不到位，存在死区。

(2) 或者水力负荷不够。

(3) 浮泥的产生并不会影响你的处理效果。部分流出厌氧区也会在好氧区被打碎的。

(4) 有点感官不好看，但特意处理也无必要的。

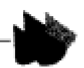
(5) 我想运行较好的其他该工艺的污水厂也多有这个现象。

**问题 56.** 我们的 AO 池今天产生很多泡沫，而且带有很多污泥颗粒，这是为什么呢？昨天晚上没给 AO 池进水，但加过面粉。而在二沉池中也有很多污泥上浮上来了。

**答复:**

(1) 看来和您投加面粉有关。

(2) 面粉含有大量的淀粉物质，直链淀粉，不易很快分解，由此会对微生物产生影响。



(3) 产生的泡沫多半是您在未进水时，反复曝气，未降解有机物过多时产生的。

(4) 大凡您的AO池产生过多泡沫浮渣会累及二沉池的。

(5) 进水后，过几天应该会好转的。

(6) 为提高底物浓度，投加面粉不是唯一，效果和费用也不合宜。处理水量不大时，购买工业甲醇或许效价较好。

**问题57.** 我厂的COD、BOD过高是因为剩余污泥的滤液直接排入了进水泵房，并不是底物充足（在脱水机房没有启动前COD 300mg/L，BOD 120mg/L）。还有就是反硝化是在选择池里反应的，虽然生物池最后沉淀1h阶段有反硝化，但我想只是一小部分。关于我厂氨氮去除效率不高，我想把我的看法和你交流一下。我想会不会是选择池这段有问题，因为回流污泥泵是在曝气阶段才开的，回流污泥中含有大量的DO，这样就直接影响反硝化菌脱氮的效率。我想测一下选择池中的溶解氧含量，看看是不是在0.5mg/L以下，再作出判断。另外，我想请教的是您在回帖中说到的，延长沉淀时间可以充分反硝化，可是我们的生物池里没有搅拌器，如果不完全混合，怎么能够充分反硝化呢?

**答复:**

(1) 选择池反硝化溶解氧是必须控制的。



(2) 回流量不必过大，各阶段时间控制比较灵活，不要太拘泥于理论的操控时间，要自己多多总结才是。

(3) 没有搅拌的确不太好，可以的话还是通过工艺调整来解决氨氮去除问题吧，增加搅拌设备毕竟是要资金的。

(4) 还请把重点放在选择池的溶解氧控制和水力停留时间上，这方面的控制和污泥回流的关系很大，还需合理确定回流量。

**问题58.** 我们现在的工艺是水解酸化+CASS，设计的最大负荷是进水COD 1000mg/L，但是现在进水经常在1500mg/L左右，同时氨氮在150mg/L左右，pH值为9.5。现在的现象是出水COD在250mg/L左右，氨氮的处理效果非常不好，同时污泥散碎，微生物的个体小，$SV_{30}$在99%，出现了严重的膨胀。该如何调整运行参数？我们的参数分为曝气、沉淀、滗水、间隔，在一个池子里面间隔进行。

**答复:**

(1) 进水pH值为9.5是肯定需要调整的，否则对微生物不利。

(2) 进水底物浓度超过设计标准，但处理水量不知是否也超负荷了呢？如果处理水量只有设计处理水量的70%的话，应该还不会超过设计负荷。

(3) 高负荷运行，通常认为不会导致丝状菌膨胀的发生，如果污泥回流入水解酸化池，回流量能够保证，那更加不会有丝状菌的膨胀发生了。

(4) 还请检查曝气的分布是否均匀，有无死角，此也可能导致丝状菌

膨胀。

（5）如果您处理的是工业废水，成分单一的话，产生丝状菌膨胀可能比较难避免。

（6）我想通过充分发挥水解池的作用，阶段缺氧对抑制丝状菌有利。

（7）B/C 比不知如何，这可能是您出水超标的一个原因，还请尽量提升该值。

（8）氨氮的去除还请根据缺氧效果、底物是否充足做考虑，因为我不知道您具体的操作过程，所以，无法做出更深的判断了。

**问题 59.** 请问，如果没有污泥回流，排放的污泥全部进行脱水，如何确定污泥龄？再有，你对运行中的高负荷和低负荷运行是如何看待的？

**答复：**

（1）不回流，还可以按本站前面交流中提到的算式进行计算。

（2）高负荷运行，出水指标自然会升高，抗冲击能力相对下降。

（3）低负荷运行反之，但污泥老化也可导致出水指标上升。

（4）合理控制自然最好，如果长期负荷太高、太低多不利于出水指标的稳定，对微生物也有不利影响，如浮渣产生、泡沫产生、丝状菌膨胀、污泥解体等等。

**问题 60.** 两个问题：① 污泥脱水后的滤液应该排放到哪里？我们厂的滤液非常混浊（可能和絮凝剂的用量有关），是直接排放到进水泵房，直接导致了进水 COD、BOD 偏高。这样会有什么后果？如何改善？② A2O 工艺的内循环不是也是回流上清液吗？为什么 CAST 工艺不能用呢？

**答复：**

（1）滤液进入抽水井，是通常的做法，导致进水底物浓度如此之高，应该是您的脱水效果很差才是。通常的脱水滤液不会导致进水底物浓度提高多少，一般在 10% 左右。改善方法是提高脱水效率。

（2）A2O 工艺的内循环不是回流上清液，而是混合液。

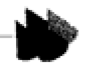
**问题 61.** 我厂脱水机房运行参数如下：絮凝剂用的是法国的 FO4440SH，每天用量 40kg；絮凝剂流量：0.906$m^3/h$；浓缩污泥流量：18.23$m^3/h$；离心脱水机用的是德国的，2842rpm；每天产泥饼 24$m^3$。脱水机房每天运行 5h，剩余污泥泵共运行 8h，流量 80$m^3/h$，含水率 99.2%，浓缩后污泥含水率 95%，脱水后 71%。

**答复：**

（1）对于脱水机的运行效果以及药品性能评价，我想如果不是现场了解，我是很难做出判断的。

（2）我不知道您用的是阳离子还是阴离子或是非离子。

（3）药品配制浓度是多少呢？



（4）从您的物料数据看，71%的脱水后污泥含水率，似乎偏低，此类机型一般不附加其他工艺也不易做到（除非污泥很特殊）。

（5）从您告知脱水效果较差，我想，您的污泥含水率应该在80%～85%之间。

（6）如果可以拍照传给我处理效果，我可能可以做出判断。

**问题62.** A/A/O工艺，MISS在3200mg/L，F/M在0.1左右，进水中的各项指标与以往变化不大，但近期运行中发现，沉降比特别高，在80%～90%左右；污泥形态较为散碎，镜检中发现菌胶团不密实，但能看到钟虫；出水尚清澈，出水指标都能达标，只是在水量大时（平流式沉淀池，停留时间足够）会有絮状污泥随水流出，影响感官。并且现在曝气池上有些褐色浮沫，但愿不是生物浮沫。该如何解决现在的情况，将沉降比降下来，减少褐色浮沫，保证出水长期稳定？

**答复：**

（1）您的工艺和沉淀池形式与苏州工业园区污水处理厂（10万$m^3/d$）的工艺接近。

（2）食微比偏低，可能导致丝状菌的发生（虽然此工艺较少发生），还请实验室显微镜检查确定。

（3）根据出水水质清澈可以判断污泥老化不严重。

（4）如果日处理水量远没有达到设计负荷的话，我想运行是有难度的。您所说的情况就有可能发生。通常是两个极端，一是发生如您的状况，二是污泥老化，出水抗冲击降低。

（5）通常的做法是发挥各级提升泵站的作用（在处理市政污水的前提下），变分散处理为集中处理，通常可以改善以上两个极端的状况。

**问题63.** 我们处理厂采用AO法处理垃圾渗滤液。现在曝气池已经充满了气泡，有30多cm高了，气泡是泥褐色，附着不少污泥颗粒，而且气泡粘性很大。不过，在10天之前，曝气池就开始出现这种气泡了。还有就是A池的浮泥很多，都形成泥层了，大约有5、6cm那么厚了。我们厂运行到现在已经有30天了。开始运行时，经常会加面粉和磷进去，后来，大约是在15天后吧，开始24h连续进水之后，就没加面粉了，磷还是每天都加。然后才一个星期，就开始出现上述问题了。AO池的沉降比在开始15天增长得比较平稳，在11～18左右，后来增长速度很快，每天都有5、6ML的增长。最高峰测得A池的$SV_{30}=91\%$，靠A池的曝气池$SV_{30}=68\%$，还有一个$SV_{30}=60\%$。而且，开始时，污泥的沉降性能很好，在5min的沉降比明显。但后来就很差了，曝气池的氨氮含量为四百多一点。所以现在，估计出现问题的原因是：① 污泥长得太快。我们也试过排泥，但是没效果，只是AO池的沉降比降了下来，各个池的$SV_{30}$值为56%、42%、39%。② 进水太快了，造成曝气池的BOD负荷太大。因为现在都



还是培养细菌阶段，在4天之前，就开始停止连续进水，但是没效果。③ 就是氨氮含量过高。我们开始运转吹脱塔，正在运行中。现在就想请教一下，我们分析得对吗？还有没有其他原因和更好的解决办法呢？

**答复：**

（1）根据泡沫及$SV_{30}$的增加，必须显微镜检查是否有丝状菌存在的可能。

（2）培菌投加面粉，我不太同意。淀粉类物质，属大分子量有机物，在处理停留时间偏短时，导致微生物解体或丝状菌膨胀是很有可能的。微生物活性降低，浮渣产生也是必然。

（3）投加营养剂，比较有效的方法就是检查出水氮磷指标是否超标，如果超标，就不必补充营养剂了。

（4）BOD负荷太高，通常会导致微生物数量迅速上升，但产生的泡沫多半是白色粘性泡沫，很少夹带活性污泥的。相反，负荷的提高导致微生物大量增殖，当负荷降低时，微生物没有及时排泥，则会产生粘性带微生物的泡沫。

**问题64.** 我是应届毕业生，我很热爱环境工程这个专业，毕业后很想从事水处理行业。现在我毕业设计的课题是处理印染废水，主体流程工艺是酸化池—混凝池—二沉池—吸附池，进水浓度不怎么高。你觉得这样的流程合理吗？设计的时候应该注意点什么呢？

**答复：**

（1）设计方面我没有太多经验的，就您的流程是可行的。

（2）最后的吸附段，我想实际运用可能有点问题，在水质恶化时，容易吸附饱和的，再生或者更换吸附材料，费用将会比较高。事实上印染废水也容易导致出水吸附材料失效。

（3）如此，出水达标可能有问题。如中间增加混凝气浮，则对吸附材料的影响会降低。

**问题65.** 本人现在正在调试一个造纸厂中段废水，但经生化处理后，二沉出水色度特别深，什么原因，请三丰前辈指教！简单介绍一下工艺流程。该纸厂采用亚氨法制浆工艺，设计进水水质COD 2000mg/L，$BOD_5$ 600mg/L，水量20000$m^3$/d。工艺流程：初沉—水解酸化—悬挂链曝气—二沉—出水。现在出水COD 400mg/L左右，但色度至少有200，为什么？

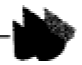
**答复：**

（1）您的工艺，对此类废水的色度去除有限。

（2）初沉池前段物化沉降必须到位，否则在酸化段和好氧段将难以对大量产色物质予以去除。

（3）尽量延长酸化时间，对原色度去除有利。

**问题66.** 我厂进水不足，运行的好痛苦哦！现在由于进水COD、TN、TP低，在低负荷下运行勉强达标，但是SS却一直是我心头的痛。运行4个月来，



SS总有那么几天不达标，从3月18到3月31号，达标率只有55%。我找了些原因但不能确定，① 出水三角堰不平和，进水未到底部（我们是周进周出），产生乱流造成翻泥；② 最近为了除虫投加了2t左右的污泥培养基和1t左右的通威鱼饲料粉，是不是饲料难溶解造成SS出水不达标？还有些问题：根据曝气量计算结果得出需要曝气5个多小时，但是现在实际只要2个小时就完全能使出水除SS外都达标，我想问需不需要按理论计算来调整曝气量？还有我总觉得我厂的导流板和干扰板安高了，我想知道一般离水面多少？按公式F/M，是0.15满足设计要求，但是污泥就是不起来，污泥有机成分总在20%，为什么这些理论不能指导实践了？

**答复：**

（1）曝气量是否合理，检查曝气池的溶解氧分布即可，只要分布检查值满足1~3mg/L的要求即可。

（2）出水SS超标，我想，如果COD达标，那么除您提到的设备构筑物硬件问题外，最好是调整微生物运行状态。

（3）检查沉降比，确定活性污泥沉降性能。如果不是该值过高导致出水COD超标，还请确认是否为污泥老化解体导致SS超标的。如是，可调整食微比。



（4）活性污泥的有机成分占20%，我想是比较合理的，应该不用担心。

（5）饲料投加，只要不是过量，我想不会导致出水SS超标。相反MLSS值还请尽量控制的低一点为好。

**问题67.** 能不能介绍一些这方面的知识：水力消泡时水量、压力以及喷嘴的情况？

**答复：**

选择设计经验，我没有，使用经验稍微有一点。

（1）原先我厂采用消防喷嘴消泡，出水细小，效果不佳，直接拆掉消防喷嘴，效果尚可。

（2）供水点和供水量决定了喷淋的效果。单点进水，往往导致喷洒强度极不均匀，消泡效果欠佳。

（3）处理水回用作为消泡水，比较经济。

以上，希望给您有点帮助！

**问题68.** 根据F/M值的大小，可以知道微生物数量是否太低，该值不大于0.25，就说明微生物数量不是太低。请问你说的F/M这个数值具体是什么涵义呢？

**答复：**

F/M值是污水、废水处理常用说的食微比，即有机污染物与处理污染物的主体细菌在量上的比值。

**问题 69.** 我在南京实习有段时间了，我感觉停留时间是非常重要的设计参数，尤其对于厌氧工艺，但是我在这方面真的很是迷糊，而设计手册上多是一个大概的范围，请教三丰老师和各位前辈应该根据哪些具体的因素来确定合适的停留时间，不胜感激！

**答复：**

(1) 的确如此，停留参数比较重要的。设计中还是以设计手册的大概范围进行设计为好。

(2) 实际运行中，由于一开始负荷不会太高，所以，处理效果不错的。后期负荷接近设计负荷时，操作不当，污泥习性等比较固定，容易导致出水不达标。因此，设计时，还是取设计参数上限为佳。

**问题 70.** 我们水厂是间歇进水的，而且目前只是一级处理。我想问一下您，在初沉池取出水水样作化验，还需要考虑初沉池的停留时间吗？如果不考虑，取水样最佳的地点和时间怎么选择？

**答复：**

(1) 阶段性检测结果是为阶段性操作提供依据的。

(2) 没有必要去考虑停留时间。

(3) 数据的采集要善于统计总结，最后指导生产工作。

(4) 取样位置通常是初沉池出水汇集后的出口处。



**问题 71.** 目前公司调试部反映一个食品废水 SBR 工艺有问题，请大家帮忙分析：① 一直无法运行，色度、COD 等不能达标（COD 1500mg/L 以上）；② 厌氧池 pH 值在 4～5 之间；③ SBR 池产生大量泡沫（射流曝气），未投加菌种前曝气没泡沫，应是细菌的问题。工艺为：厌氧池—调节池—SBR 池—砂滤池；此外，时水量为 $22m^3$，厌氧池容积 $18m^3$，调节池 $18m^3$，SBR 池 $18m^3$（$13m^3$/周期，曝气 6h）。

**答复：**

(1) 请检查 SBR 池微生物是否已培养到位。

(2) 过量曝气不易于微生物培养和泡沫的减少。

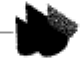
(3) 还请用逐渐增加负荷的方式来培养微生物，否则事倍功半。

**问题 72.** 在这个季节，二沉池上的青苔繁殖的太快了，不仅有碍观赏，而且成团打结堵塞，捞了也没有用，生长得太快了，怎么办？一般别人是怎么处理的？而且在出水端经常会堵塞法兰底阀，该怎么办？

**答复：**

(1) 此类情况的确比较麻烦，至于捞了也没用我想不太可能，难道长的还比捞的快，开玩笑，见笑了！

(2) 我想控制一下放流水中的氮磷吧，一方面，减少营养剂投加量，或者从工艺操作上改善脱氮除磷的效果。



**问题73.** 请问在显微镜下观察活性污泥中的生物相时，是否能看到霉菌？需要多大倍数的显微镜才能看到霉菌？

**答复：**

霉菌是可以看到，但是不易鉴别，种类也相对偏少（光学显微镜可见部分）。

**问题74.** 处理化工废水，酚含量高，BOD和COD，我都有办法解决，但由于其中含盐量很高（$Na_2SO_4$接近饱和），光这一项就能致我的微生物于死地，请赐教，如何降低含盐量？

**答复：**

这样的废水处理确实不容易，我想水量比较小时可以委托其他公司处理，可能成本相对会少些。

**问题75.** 我们厂是一级处理，而且是间歇进水，进水水质有点超标，处理效果也没有达标。我想请教您，影响一级处理有哪些因素？

**答复：**

（1）有关一级处理，影响因素较多，包括原有设计、运行工艺、药品选择、操作方法等方面。

（2）可以改变的方面主要是药品的选择和投加方式。

（3）我想您可以认真的选择絮凝剂，以得到理想的处理效果。



**问题76.** 看了一些资料，说活性污泥法的食微比在0.1～0.6之间，但CAST、A/A/O、百乐克等工艺处理城市污水好象有不少采用低负荷运行，这些运行方式与常负荷运行有哪些方面不同？我们水厂用的是百乐克工艺，特点是悬挂曝气链和低F/M，工艺要求在0.05～0.08，好处是抗负荷变化强，剩余污泥少。相比较高F/M其曝气池体积大，有兴趣可以算算，公式在高廷耀编写的《水污染工程》，我就不多说了。

**答复：**

（1）低负荷运行，效率不高。

（2）降低污泥产量的确存在。

（3）抗冲击能力强，我想不是这样的，较之中负荷运行，抗冲击力要弱的。

（4）根据处理水质决定负荷大小为主要依据。

**问题77.** 您好，看了你的回答知识增加不少。现在我们的污水处理场有个问题需要咨询一下。我们是石化厂，主要加工稠油污水，现在稠油脱出水对我污水处理场冲击很大，应该注意哪些地方呢？

**答复：**

（1）有关这方面的实践经验没有，从控制冲击来讲，我想应该力求调整生化系统的主体：微生物的浓度和活性，以提高其抗冲击的能力。

（2）同时，也可以延长处理时间（停留时间），来保证处理的达标。

(3) 脱泥出水最好提供储存的地方，保证进人系统时的均匀性，避免集中进入时产生的冲击。

**问题 78.** 另外，我处理场产生的“三泥”含油量很高，在离心分离时总不能很好的分离，请您给提点建议好吗？

**答复：**

(1) 设备的改进，进入系统的污泥性状调整。

(2) 污泥絮凝药品的正确选择和浓度控制，需要多次实验进行确定。江苏的南天絮凝剂可以尝试一下。

**问题 79.** 请问高浓度低流量的废水用什么方法处理比较经济？Q = 200m³/d，COD = 5000mg/L，BOD = 3000mg/L，是垃圾填埋场渗沥液。我想用 UASB - SBR 工艺处理，但是我对两种工艺的计算都不是很清楚。小流量的用氧化沟是不是经济可行？我在做毕业论文，多多指教！

**答复：**

(1) 设计参数的问题我不能帮您了。

(2) 小流量的用氧化沟处理效果可能不易保证。

**问题 80.** 本人从事人工湿地污水处理技术推广工作，预处理常用水解酸化、生物接触曝气工艺，但挂膜效果不佳，请三丰兄加以指教！

**答复：**

您的课题我没有研究过，只谈谈我的简单看法。

(1) 生物膜的形成，与传统活性污泥法的培菌基本相同的。形成生物膜，要求条件不高，但形成理想的、完整的生物膜，还是需要从溶解氧含量、食微比、废水成分的改善入手。

(2) 多次调整工艺，寻找适合自身工艺的参数似乎比较重要的。

**问题 81.** 三丰老师，我是新毕业的学生，从事水处理工作不久，现在处理一硝废水，最后的一步是好氧活性污泥法，进水 COD 500mg/L 左右，但是出水达到 200 ~ 300mg/L，水质发暗红，DO 控制在 3mg/L 左右，曝气出现大量气泡，水中出现绿藻。请前辈指点一、二，怎样才能使出水效果更好？

**答复：**

(1) 首先，一硝废水我不太明白。

(2) 就好氧活性污泥法来讲，泡沫的产生和出水数据，似乎表示您的负荷比较高的，还请增加活性污泥浓度，并保证营养剂的正确适量添加。

(3) 绿藻的出现在此不代表什么。

(4) 配合显微镜的观察可以较好的了解微生物的情况，继而判断处理效果转差的原因。

**问题 82.** 在过滤与反冲洗实验中，在滤层中不同深度处的水头变化说明了什么问题？意义何在呢？



**答复：**

（1）变化是肯定存在的。

（2）提示了滤料的阻力。

**问题 83.** 我污水场采用 A/O/O 工艺，最近受到含硫污水的冲击，来水中 $H_2S$ 严重超标，结果二沉池出水水质暗红，另外氨氮来水也超，是哪个原因引起的色度？$H_2S$ 或氨氮？

**答复：**

（1）对于工业区的污水厂，此种情况比较正常的，为活性污泥受含硫废水浓度冲击而解体所致。

（2）此类情况对污水处理厂的影响是很大的，多半是新增企业的排放水或是其他企业的事故排水。

（3）严格进行源头控制，出台企业排水指标（污水厂受水指标）比较重要，定期派人员检查也可减少此类情况的产生。

**问题 84.** 间歇排泥对处理效果有影响吗？排泥会影响污泥龄变化，这会影响到工艺吗？

**答复：**

（1）尽量连续排泥。

（2）间断排泥时也请间隔不要太大，规律性要保证。如此对污泥龄、工艺的影响就比较小。



**问题 85.** 想向你请教一下，印染废水处理，好氧池和终沉池为什么生长大量的藻类植物，但出水很清？有可能氨氮超标吗？怎样解决？

**答复：**

（1）藻类本身和活性污泥是共生的，能够满足活性污泥的营养要求，那么基本上也满足了藻类的要求。

（2）藻类大量的存在，多半是营养剂在放流水中过多所致。

（3）同样，出水混浊的话藻类是不易生存的。

**问题 86.** 请问活性污泥法中的污泥越来越少，曝气池进水 COD 约 100～200mg/L，污泥难生长，而且没投用的池死泥多，怎么办好呢？

**答复：**

（1）如此进水，似乎污泥浓度也无法保证的。

（2）还请尽量减少曝气时间，采用低溶解氧运行。

（3）处理水量小的话，可以适当投加外加碳源，或者将附近的生活污水引人。

**问题 87.** 学生知识有限，在工作中遇到问题不少，请百忙中给予帮助。工艺采用两级常规活性污泥法，曝器气为管式微孔。设计处理能力为 $1500m^3/h$。一级曝气池 12 间，二级 6 间。进水 COD 负荷低，约 200mg/L 左右（什么水都

引入处理了）。处理时 DO 高（约 6～8mg/L，鼓风供氧），MLSS 低。请问：

（1）如何降低 DO，提高 MLSS？鼓风量从外观上看控制到怎样程度合适？微量曝气对池低污泥有影响吗？

（2）两级曝气池污泥回流量分别控制多少合适？

（3）两级曝气池分别开几间合适？运行多长时间切换池子？

（4）池子运行多长时间排泥？运行时间较长，而池子的泥少时连续排泥好还是间隙排泥好？排泥排到什么程度合适？

（5）这种情况 BOD: N: P 控制为 100: 5: 1 好，还是其他比例好，是多少？

**答复：**

（1）降低溶解氧、减少曝气量即可，如调整风管阀门、减少鼓风机开启台数等皆可。鼓风量的控制，可根据测得的溶解氧值来确定（1～3mg/L 为理论控制值）。

（2）MLSS 的提高要有赖于进水底物浓度的提高才会相应的上升，降低溶解氧量和减少停留时间，似乎可以适当避免 MLSS 的降低。

（3）回流是必要的，通常回流比一级回流量可大于二级的回流量，50%～100% 波动可自己确认，当然，生产中自己总结的更好了。

（4）根据进水量、底物浓度来决定开几间合适，如食微比低则少开一点了。

（5）排泥为连续排较好，只是出口阀关小一点吧。

（6）合理一点，根据出水氮磷值是否超标决定营养剂的投加量。

**问题 88.** 我们的二沉池近日出现了反硝化现象，有大量的黑色污泥上浮，槽口处 $H_2S$ 100mg/L 以上。当初设计时，装有抽浮泥的设备（AIR TO SKIMER），但是现在我一打开，池内翻腾的很厉害，不一会污泥就上浮了。请问这个设备的工作原理是什么？对于二沉池我们应如何管理？

**答复：**

（1）我想二沉池污泥的反硝化上浮污泥应该棕黄色的，为此还请判断是否缺氧导致污泥上浮。

（2）您的刮泥装置我不太了解。

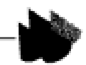
（3）二沉池这类问题，重点是控制曝气池的工作状态。

**问题 89.** 我公司现接手一焦化厂蒸氨废水处理工程，此厂以前也用的活性污泥法，但是由于氨、酚浓度极高，所有菌种全部阵亡。其水质如下：COD = 8000～11000mg/L；挥发酚 = 1700～2300mg/L；挥发氨 = 300mg/L；硫氰化物 = 635mg/L。我们采用的预处理工艺为：蒸氨废水（加碱）→隔油调节池（除油）→密封吹脱池→双机气浮→中间水池→砂滤，效果依然不好。三丰老师有什么更好的办法吗？在预处理工艺中还需要哪些改进？

**答复：**

（1）此类废水，处理成本的提高已为必然。

（2）保证出水达标，我想过滤后段增加 A/B 法处理可能会得到好的效果。



(3) 通过增加生化系统，并且要求设计安装单位提供设计方案和理由，合理选择生化工艺，应该没有问题的。

**问题90.** 水解酸化池污泥密度1.002～1.006（书本得知），那么其污泥流失是必然，必须在好氧后设污泥回流到水解池，是否如此？有手册介绍，接触氧化池污泥部分悬浮，部分附于填料，那三丰兄前面指出其调试时先闷曝，再排出剩下的活性污泥（防止游离态微生物与填料上的微生物争夺有机养料），与其相矛盾？若将好氧后混合液回流到水解酸化池，则水解酸化DO应控制在什么范围？请大家指教。

**答复：**

(1) 轻微流失，我想也不必进行回流的，通过水解池微生物自身繁殖，应该能够满足流失的补给。

(2) 同时，此工艺处理的重点和最后的把关环节不在水解池，因此，水解池浓度的适当波动不会对后续工艺造成太大的影响。

(3) 对于闷曝问题，我想这个做法与污泥排出并不矛盾，因为这是在培菌阶段而已，而非正常生产的操作。

**问题91.** 正在进行印染废水的处理，采用水解酸化+好氧+膜反应器，我想问的是：

(1) 水解酸化后出水COD上升是什么原因？上升幅度很大，进水在900mg/L左右时，出水COD在1100mg/L左右。



(2) 进水颜色经常变化，红、黑、蓝都有，可是水解酸化上清液、好氧上清液、出水的颜色都发黄，为何？希望三丰和各位帮忙解答！

**答复：**

(1) 较长时间的出水COD的上升，应该有两种可能，第一是您的采样实验有问题，另外就是水解池有污泥流出，这样在实验室检测时数据就升高了。

(2) 红黄黑混合在一起时，我想多半还是呈黑色的，经过稀释再夹有活性污泥后颜色呈黄色也是可能的。我想通常生化系统的长期去色效果是有限的，还须加强物化段的效果。

**问题92.** CAST工艺，正在培养污泥，静沉时水中可见大量水蚤，请问是否影响原生动物、后生动物生长？现在MLSS为2000mg/L左右，出水COD为60mg/L左右，我一直没看见钟虫，是否和水蚤多有关？另外取样时含有水蚤，是否影响化验结果？

**答复：**

从生物相构成来讲，水蚤的产生有利于捕捉游离的微生物，并利于出水水质，只是检测时含水蚤有时会导致数据上升10%～15%左右。钟虫的存在与否与水瘙不存在太大关联。

**问题93.** 想问一下，一般污泥膨胀之后，多久时间能缓过劲来？我的污泥

膨胀（大约两三个星期）之后，出水水质还是好的，只不过 $NH_3-N$ 去除率不高，镜检丝状菌不是很多，初步判定为进水 pH 值过低。后来我投加石灰一两个星期，硝化率提高了，但是污泥的沉降性能还是不好，最后，污泥跑了。请问一下这是怎么回事呢？

**答复：**

（1）如您所说，丝状菌膨胀是有周期性的，时间长短跟水质及处理工况有关，丝状菌缓解需要时间和丝状菌的膨胀程度呈正关联。

（2）跑泥是丝状菌膨胀的后果，找出活性污泥工艺控制指标的故障点，进行针对性的调整，才能缓解膨胀。

**问题 94.** 进一段时间来我们进水的 B/C 值均在 0.3～0.4 之间，进水 SS 在 500mg/L 左右（城市污水），进水 COD 在 180mg/L 左右，BOD 在 70mg/L 左右。前段时间效果很好，现在有所恶化，镜检发现污泥颗粒瘦小，沉降后有小颗粒，微生物数量少、种类少，轮虫数量占比例较多，钟虫数量减少比较快，前段时间 DO 较高。我们是 CAST 工艺，我估计是营养不足，导致老化，但我不想加营养物，有没什么办法度过雨季，解决这种问题？另外 SS 太高好象对 SBR 工艺有限制，具体什么原因？

**答复：**

（1）B/C 值均在 0.3～0.4 应该没有问题了，但请确认计算是否正确，否则无法指导生产。

（2）高溶解氧值是不利于污泥絮凝的，细小的菌胶团会导致轮虫的产生。

（3）如果进水无机颗粒较多时，自然会影响微生物的处理能力了。

**问题 95.** 我厂是城市污水厂，采用奥伯尔氧化沟，前段设有厌氧选择池。目前运行中的主要问题是二沉池有飘泥和氨氮去除率低，同时氧化沟内有较多的粘性气泡。运行参数：氧化沟进水 COD = 300mg/L，BOD = 90mg/L，$NH_3-N$ = 28mg/L，MLSS = 2600mg/L，DO = 1.0～2.2mg/L（氧化沟出水），$NH_3-N$ = 18mg/L（我厂目标 10）。请问：如何调节工艺参数？同时我们正安排全面测定工艺运行数据。

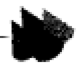
**答复：**

（1）存在的主要表现是粘性气泡，我想两个极端可能会出现这种情况，即负荷过高和过低。我想污泥老化，产生漂泥并在液面出现粘性泡沫和浮渣是比较常见的。

（2）污泥老化，反映出负荷偏低，我想底物浓度不足，脱氮效果也就不会理想了。

（3）还请降低污泥浓度，观察一段时间，看是否有效。

**问题 96.** 工艺是延时曝气氧化沟，用的倒伞型的曝气机。规模是 10 万 t/d，现在进水大概有个 5～6 万。现在用了一个氧化沟，池容 $33000m^3$，两个二沉池，



每个容积大约 $7000m^3$。进水 BOD 50～80mg/L，COD 80～150mg/L，出水过二级。沟里的溶氧在 4～5mg/L，MLSS 不到 700mg/L，$SV_{30}$很低，但是水质达标（SS 略高，约 40）。如何处理？有无必要采取措施增加 MLSS？如有，如何做？

**答复：**

（1）我想保持现状即可，否则，会增加运行费用。

（2）待进水浓度提高后可以逐步提高污泥浓度了。

**问题 97.** 我想问一下，我用砂滤法（采用普通的石英砂）去除水的浊度和色度，通过筛选粒径和确定滤速，浊度去除效果不错，色度去除不理想，请问有什么办法吗？

**答复：**

我想，砂滤重点去除的是浊度，对色度的去除，只能对假色加以一定的去除，对于真色无法去除的，可以加强前段氧化能力。

**问题 98.** 请问您关于一个稳定运行的处理工艺，它有什么特征吗？比如说污泥、生物相。

**答复：**

我还是以传统活性污泥法为例吧！

（1）去除率可以参考处理效果。

（2）微生物沉降性能等微生物检查指标同样可以的。

（3）活性污泥的新鲜色泽，腥味等。

（4）生物相中附着类原生动物的优势地位等。

**问题 99.** 我想向你咨询一下：我们知道 BOD 负荷率与污泥膨胀现象有直接的关系，即 BOD 负荷率与 SVI 值有一个关系曲线，那么 COD 负荷率与 SVI 值有没有一个关系曲线，或者说用 COD 负荷率来描述 SVI 值有没有意义？

**答复：**

（1）我觉得有关系，但是我不太用 SVI 值，通常 MLSS 变化幅度不是很大，因此，我常用$SV_{30}$来判断。在观察膨胀程度时，还可以检查沉降效果和活性污泥是否夹有气泡等问题。

（2）通常两者呈线性关系，但绝非必然，因为影响膨胀的因素较多，膨胀也有分作高峰和低谷的。只是参考一下倒也无妨，但绝对依赖没有必要的。

**问题 100.** 用的是活性污泥法。进水 COD 150mg/L，出口 COD 30mg/L，测得$SV_{30}$为 80%；二沉池表面飘了一层土黄色的污泥，镜检（放大 500 倍）发现有小口钟虫，但数量不多；未发现轮虫，线虫等；在菌胶团上有丝状物。请问：丝状物是否为丝状菌？是否污泥膨胀？如何解决？

**答复：**

（1）基本确认为丝状菌膨胀，为中度膨胀阶段。

（2）减少曝气，降低 MLSS 值，必要时运用高 pH 值法对丝状菌进行杀灭。

**问题101.** 在第三版的《排水工程》中，在活性污泥法一章里面，有一个城市污水活性污泥系统处理BOD负荷率与SVI值的关系曲线，从图中可以看出：污泥负荷有一个高负荷区和一个低负荷区，这两个区中，SVI都小于150，不产生污泥膨胀现象，但在两个区之间，SVI值很高，属污泥膨胀区。我想的是化工废水用活性污泥法处理时，COD负荷率（见于条件所限，BOD测试困难，所以改用COD负荷率，不知是否可行?）是否与SVI值有一定的关系，是不是也有高负荷和低负荷区，污泥膨胀区等?

**答复：**

（1）第三版的《排水工程》我没有翻阅过。我想，单纯得出BOD负荷率与SVI值的关系曲线在实际生产中，很难解决丝状菌膨胀问题的。因为，导致丝状菌膨胀的原因很多，有的可以调整过来，但是，有的生产中很难调整的。

（2）低负荷导致丝状菌膨胀，理论上理解比较容易，但是高负荷导致丝状菌膨胀，我不太清楚了。

（3）对于丝状菌膨胀，我个人认为，有一个得病的过程。有时候，操作环境非常容易导致丝状菌膨胀，但事实是并没有发生膨胀。相反，以前已经有发作过的，以后，稍微操作或进水变化，就会有规律无规律的发生膨胀。主要还是一个得病问题。正常菌胶团与丝状菌，生化物理性状接近，处理自然难度很大。

（4）如果要分析，改用COD负荷率自然没有问题的。作一下研究可以，指导生产实践恐怕只能是参考了。



**问题102.** 卡路塞尔氧化沟。最近几天下暴雨，看生物相结果发现钟虫全没了，出现好多球状物，有些中间有内陷，但是个体比钟虫大，是不是因为最近进水水质太低，变胞囊了？我也没见过，还是书上看的，据说会变。特此请教各位。

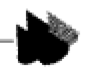
**答复：**

我判断，您看到的可能是表壳虫，为负荷低的指标生物。钟虫负荷低也不会是那样的。

**问题103.** 我目前在调试一个食品废水工程。食品主要为食品添加剂，原料是海菜，主要废水来源为洗菜和漂白产生的废水。进水COD在800～1600mg/L，B/C在0.45左右，废水颜色为黄绿色，主要为海菜的颜色。水量：8000t/d；采用的工艺为：水解酸化+接触氧化；水解酸化的停留时间为6h，接触氧化的停留时间12h。目前调试已经有一个星期了。接种污泥采用污水处理厂压渣后的泥饼，投加了60t。接触氧化池中间有个中间沉淀池。目前污泥浓度比较低，污泥很细，混合液静沉30min后，上清液比较混浊。前端接触氧化中的水的色度低点，而后面二沉池的出水为黄褐色。

**答复：**

培菌一周，我想，出现这种情况应该是正常的，只是还请确认营养剂投加



是否合理（检测出水指标中的氨氮、总磷），溶解氧控制是否得当（3mg/L左右）。投入多量泥饼，应该会有比较多的惰性物质，可根据情况，适当排掉一部分。

**问题104.** 食微比可以监测什么指标？而且怎么样才可以测出来呢？

**答复：**

食微比，是进入生化系统前的水体中，有机物含量与生化系统内活性污泥浓度的比值。通过这个比值，可以判断负荷高低，进而调整操作，避免生化系统发生污泥老化和过负荷出水超标的产生。计算公式为经验公式，具体可参照一下前面的相关交流内容。

**问题105.** 我曾在一本专业书籍上看到过关于吸管虫以钟虫等微小动物为食的介绍。

**答复：**

就吸管虫以钟虫等小动物为食，我想从机理上纠正一下您的观点。

（1）原生动物，是以细菌（游离）为食的。

（2）吸管虫能够利用吸管吸附体形很小的侧跳虫、滴虫等原生动物，但不具备消化吸收此类原生动物的能力。

（3）我们不能说，吸附住了就认为是能够消化掉吸附的原生动物。

（4）体形较大的后生动物旋轮虫，拥有咀嚼器尚不能吞噬一般的原生动物，何况吸管虫呢？

（5）吸管虫表面有多量棘刺，恐怕断定其有吸附能力也是不能的，因为，在如此微观环境里，细小原生动物接触棘刺后，由于自身引力、水的黏度等，本身就很难摆脱。所以，吸管虫是否有主动性的吸附能力我是抱怀疑态度的，以原生动物为食我也是持否定态度。

（6）书本的内容只是参考，自己在实际工作中还是需要总结验证的。

**问题106.** 现在污水处理行业中哪里比较先进些（国内）？生物膜法处理有机废水的色度方面是不是不理想啊，硝基含量太高应该怎么办呢？

**答复：**

（1）根据水质情况和成本因素来考虑工艺是否合适。至于先进性问题，也非绝对，有的效果很好，但造价较高；相反，有的工艺造价低，除水也可达标，那我觉得，这就可以了。

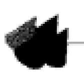
（2）我觉得，生物膜法的去除色度能力，相对活性污泥法效果会差一点的。

**问题107.** 处理废水之前应该知道哪些指标啊？

**答复：**

（1）作为一个污水处理厂，我想环保部门在您这个项目建设前就应该已经告知（如环评和相关批复文件）您那些项目是要控制的，控制指标是多少。

（2）当然，不同的污水对象，控制指标是不同的，或者说侧重点不同。



（3）同时您可以看一下污水综合排放标准。

**问题 108.** 我的食堂污水处理系统发生污泥膨胀，怎么办呀？丝状菌特别多，是不是进水、曝气量、负荷的原因？

**答复：**

可以将生化系统 pH 值提高到 9.5，保持 2.5～4h，应该可以缓解。但是，以后的操作中一定要找出不合理的地方，一些不合宜的操作方法容易导致丝状菌膨胀，具体参见前面交流过的一些内容吧！

**问题 109.** 我想问一下三丰：下面的废水经过物化法（絮凝沉淀）后用何种生化法最好？

具体废水水质指标如下：

进水：

COD（Cr）=7888mg/L，BOD=4100mg/L，酚=850mg/L，$NH_3-N$=2100mg/L，油=110mg/L，pH=6，氯化物=60mg/L，硫化物=98mg/L，色度=140mg/L。

要求最终出水：

COD（Cr）=100mg/L，BOD=80mg/L，酚=0.5mg/L，$NH_3-N$=15mg/L，油=10mg/L，pH=7.5，氯化物=0.9mg/L，硫化物=1.8mg/L，色度=10mg/L。

**答复：**

（1）浓度还是比较高的。

（2）通常，增加物化系统对后续工艺有减轻负荷的作用，好的话 50% 的去除率也是可以达到的。这样一来，生化系统就会容易处理些，特别是物化处理把大部分惰性物质、难降解物质给去除了，更减少了因处理时间不足而导致的出水超标。

（3）生化系统形式多样，您的水质浓度较高，还是要认真确定生化工艺的选择。

**问题 110.** 在我们的好氧池里的颗粒污泥周围总是很多毛，像是颗粒污泥上长出来的一样。请问这是什么原因？怎么解决啊？

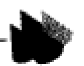
**答复：**

您的问题可提供给我判断的不太多，我就简单就您提供的资料分析一下吧。

（1）您所了解的颗粒污泥周围总是很多毛是肉眼观察的结果还是显微镜观察的结果呢？

（2）肉眼能够观察到，通常在生物接触氧化池的滤料上成为可能，可由藻类或丝状菌造成。分析判断，可通过显微镜确定，应该没有难度的，因为多数藻类显微镜观察呈绿色或透明状，形态上较丝状菌为大，形体柔软，不据弹性。

（3）如果是活性污泥法中，菌胶团总是有很多毛，我想应该是通过显微镜观察到的。这种情况，多半是丝状菌增生导致，也印证了您提到的总是存在这



个情况，因为，丝状菌的产生是比较难以根除的。

（4）通过 SVI 值，可以辅助确认是否有丝状菌增生。

（5）解决方法，重点是规范操作，稳定控制参数。比如溶解氧控制的均匀性、食微比的维持、进水成分的多样化等等。

（6）丝状菌的缓解是需要一定时间的，自己在生产中摸索控制规律比较重要。

（7）具体控制参数概要，可参见本站相关交流的内容。

**问题 111.** 昨天我观察了一下，应该是洗涤剂导致的泡沫，但是我想问问，活性污泥对洗涤剂的去除如何？同时，在做 $SV_{30}$ 的时候，虽然有明显的泥水分离界面，$SV_{30}$ 的值也并不高，但是上清液中有很多的污泥小絮粒，使上清液很混浊，泥面以下的污泥絮粒也比以前小很多，而且颜色比较淡，应为没有设施镜检。我想问是什么原因，怎么解决？

**答复：**

（1）是洗涤剂的缘故吗？如果物化段也产生，则可以确定。

（2）我想短时负荷过高，可以产生大量白色泡沫（仅仅在曝气槽），同时 $SV_{30}$ 观察上清液混浊，沉淀物细小、色淡。

（3）通过观察放流出水指标是否升高明显可以确定。

**问题 112.** 我们用的是 UCT 工艺，最近刚换了泥。请问什么时候或者在什么情况下才可以排泥？还有一个问题，在换泥前的运行工程中，好氧池里的曝气量和正常运行时是一样的，但测出来的溶解氧比正常运行时高了许多（在正常运行时假如要是和现在的溶解氧一样大的话，曝气池的水波动很大，而现在却很小）。



**答复：**

（1）排泥是根据污泥浓度来决定的，通过检测数据可以确认。具体控制多少污泥浓度（或者怎样排泥），根据日常经验数据可以确定。通常出水比较稳定的时候对应的污泥浓度，即可作为您控制的经验值。

（2）检测位置和方法要确认一下，影响因素通常是污泥浓度和进水负荷以及污水在池内的停留时间决定的。

**问题 113.** 我想请教三个问题：① $SV_{30}$ 下降较快，不到 5 天时间由 50% 下降到 20% 左右，是什么原因？如何控制？如何稳定在 40% 左右？② F/M 食微比应按 BOD/MLSS 来计算，但现只有 COD 数据浓度，应如何计算？若按 1/3BOD 是否合适？③ 污泥龄的计算，因处理达不到设计要求，废水量不稳定，回流量 $65m^3/h$，不能满负荷的运行，数据也只能估计，因此排泥也无法计算，只是根据气味进行排泥。现根据以上的条件如何计算污泥龄？

**答复：**

（1）$SV_{30}$ 下降较快如果不是排泥过大导致的话，应该可以从实验结果是否



有问题、采样点是否一致等实验结果考虑，另外丝状菌膨胀出现好转的话，也可以在短时间内下降如此之快。或者出水夹有大量活性污泥出流，也会导致 $SV_{30}$ 迅速下降。

（2）如果是通常的工业废水可以按 1/3 的 CODcr 来换算，传统的生活污水可以按 0.4～0.45 的 CODcr 来换算。

（3）污泥龄的计算关系到进水底物浓度、曝气池活性污泥浓度、回流污泥量、排泥量等数据，应该不难得到的。具体计算要求，本站相关交流中也有提到，您可参考一下，我这里就不提了。总之，排泥和负荷大小关系不大，靠气味决定排泥也不太妥当。

**问题 114.** 我公司正在运行的污水处理厂工艺使用的是活性污泥法，工程的情况为：水量设计 300t/d，现在实际水量为 150t 左右，曝气池体积为 $300m^3$（甲方已经建好的），曝气量为 $2.8m^3/min$。初期运转两个多月出水非常好，进水 BOD：400mg/L，出水 BOD：9mg/L。但是移交给甲方后，由于管理不好，排泥不畅，污泥浓度上升到 7000mg/L，$SV_{30}$ 为 50% 左右，上清液比较清澈。最近通过加强排泥已经有所下降，但是出水却比较混浊，同时，在做 $SV_{30}$ 的时候，值为 15% 左右，但是上清液中有很多的污泥小絮粒，使上清液很混浊，泥面以下的污泥絮粒也比以前小很多，而且颜色比较淡，因为没有设施镜检，所以无法观察。上次问您，您说可能是冲击负荷，我觉得也是同样的原因，因为 2 周前，由于甲方工作失误，曝气停止了近 12h，却一直进水，你说是造成现在这种情况的原因吗？但是最近运行了 2 个星期了，没有好转，二沉池上总是有一层污泥浮在表面。另外，我们使用的竖流式沉淀池，中心管附近总是有细小的气泡浮出。我已经将回流量提高到了 100%，但是二沉池还是污泥上浮。我怀疑由于前一阶段的管理不好污泥的性能出了问题，请教三丰老师问题出在哪里？如何解决？

**答复：**

非常感谢您提供了如此详细的资料。

（1）加强排泥前后，如果曝气量保持不变的话，那是错误的。

（2）提升活性污泥浓度到 7000mg/L，也是不合宜的。但是迅速降低活性污泥浓度，在水量、水质不变的情况下，相对的也就产生了冲击负荷，同时，也使负荷处在较高的水平了。请确认曝气池液面是否有多量，白色泡沫，如果没有那说明负荷还算合理。

（3）确认曝气池出口溶解氧值。如果曝气过量，自然，沉淀池整流桶周围会产生气泡了。过高的话还请降低曝气量。

（4）色淡、絮体细小、上清液混浊，还是可以判断为活性污泥浓度控制过低、进水底物浓度较高所致。

（5）提到的停止曝气 12h，我想会导致出水指标升高，但对活性污泥影响不



会太大的，倒是大幅度调整活性污泥浓度对微生物来讲不太好。

**问题115.** 我们的污水处理工艺是SBR改良工艺，即CASS工艺。目前运行时间不长，由于废水浓度变化幅度较大，前些时间受到高负荷的冲击，导致出水浓度升高，污泥变黑，经大量排泥，降低负荷即COD由3500mg/L降至1500mg/L，而后浓度逐步递增，目前已达到设计浓度2500mg/L左右。但现在沉降比下降较快，由50%降至20%左右，沉降30min后，上清液中含有悬浮的小絮粒（是否由低负荷引起?），曝气时泡沫较多，但沉淀1h后，水质比较清澈，出水浓度为200～240mg/L达标。此时污泥浓度为2400mg/L（1号池），1800mg/L（2号池），三天后污泥浓度分别升至2900mg/L，1900mg/L，出水浓度仍同前，但污泥表面松散、细碎，表层颜色略淡。想请教，这样运行下去会出现什么问题吗？这是一种什么现象？如有问题应该采取什么措施可以恢复？

**答复：**

（1）在活性污泥浓度很高时，迅速通过排泥降低到较低水平，往往会出现微生物的不适应，从而导致相对意义的负荷过高现象。

（2）COD从3500mg/L降低到1500mg/L，也就会出现白色泡沫、上清液混浊等负荷过高现象。



（3）请确认食微比。如果在合理范围，过一段时间，微生物也就适应了，没必要采取特别的措施。否则需要根据食微比调整活性污泥浓度。

**问题116.** 我们在对一个污水处理厂进行调试。这个厂的基本情况如下：进水COD在100mg/L左右，氨氮20mg/L左右，总磷1.5～3mg/L。我们调试了将近一个月了，但是污泥浓度只有200mg/L左右，出水氨氮比进水高2mg/L左右，总磷和COD都能够达标。我想问一下氨氮不达标是否是由于污泥浓度太低了，这样的进水水质污泥浓度应该在什么范围？

**答复：**

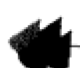
（1）不知道您的处理工艺是什么。

（2）我觉得有可能是工艺控制的问题。

（3）至于活性污泥浓度，我想200mg/L也足够了，毕竟您的进水浓度才100mg/L。

（4）可以的话，将水囤积起来，集中处理，这样效果会更好，能源也会比较节约。

**问题117.** “二沉池污泥上浮成层，也就是活性污泥浓度过高导致的”在honta所指情况下是正确的。但你说：“主要原因在于污泥老化”，我觉得不一定。另外，“微生物浓度能够达到7000mg/L，操作是困难的!”，我有一些疑问。有人跟我说，他用“high compact reactor（HCR）”处理废水，MLSS能达到8g/L，没有问题。请指教！



**答复：**

我想，真要控制污泥浓度在7000mg/L的话，还不如在全段设置水解酸化的设备来降低负荷，使好氧段易于控制。否则，进水浓度过低，进水量不稳定，操作难度就很大了。

还是根据食微比确认一下吧！靠不排泥来提升活性污泥浓度，不可取的，也会导致操作故障的产生。

**问题118.** 氧化沟进水水质太低怎么办？

**答复：**

（1）低负荷运行是经常有的，不是水量不足就是浓度太低。

（2）一般情况下运行，低负荷不会对系统造成太大影响。出水应该也比较容易控制。

（3）基于节约成本，可能的话就集中处理，或者间歇处理。

（4）低负荷运行尽量在保证搅拌的情况下减少曝气量；根据食微比控制污泥浓度。

**问题119.** 我们的处理方法是：内循环活性污泥法，设计流量是每天2000$m^3$，进水COD是2300mg/L，BOD是800mg/L，每天3个周期，8h一个周期。每天测一次浓度，其他两个周期的浓度无法检测，该如何进水？工艺是：集水井（75$m^3$）→调节池（500$m^3$）→配水井（10$m^3$）→1号、2号CASS池（各1000$m^3$）。回流泵65$m^3$/h，剩余泵150$m^3$/h，每天排泥2h。实际上我们的废水量为600～1000，但浓度变化的幅度较大，低时1500mg/L左右，高时8000mg/L左右，集水井调节池有效容积太小，又无法实现连续监测、连续进水，如何保证进水浓度稳定在设计的范围内，使工艺正常运行？另外昨天调节池进水是400t，浓度高达6980mg/L，该如何控制？

**答复：**

（1）操作周期似乎也不必过于格式化。根据监测进水浓度确定处理周期长短，以此保证出水指标正常。

（2）高浓度进水可以加强曝气量，反之减少。

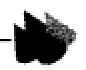
（3）建立应急处理系统，出水超标时可以回到调节池重新处理。

**问题120.** 我们污水处理厂遇到了一点问题，请你帮忙给点意见！由于污水厂所采用的是“硅藻土水处理剂＋生物接触氧化法”工艺，但最近一段时间，生化池的泡沫很粘，且很难打散；而且二沉池的底泥很不正常：颜色呈白色，且集结成片。这是否与有机物的浓度有关吗？与微生物的数量有关吗？出水指标很不理想，该怎么办？

**答复：**

（1）可能进水浓度比较高，或者伴有丝状菌膨胀。

（2）先通过显微镜检查一下吧！



（3）如果是白色粘性泡沫，试着提高生物浓度。

**问题121.** 我单位处理的是重质原油污水，污泥沉淀性能特别差，絮凝性能也不好，造成污泥流失严重，这与原油内含高镍等金属元素是否有关？

**答复：**

（1）高浓度重金属废水会抑制活性污泥的活性，导致解体现象发生。

（2）加强排泥，尽量避免重金属在活性污泥内部积累。

（3）控制进水浓度，强化物化段的去除效果。尽量驯化活性污泥适应废水水质。

**问题122.** 我公司有一小型污水处理设施，采用的是CASS池工艺，日处理水量是1300t左右，主要处理公司的生活污水和部分生产污水。①目前产泥量比较大，现在产生的泥饼就倒在污水处理站前的空地上，采用什么办法处理为好？有的建议和煤渣一起让人家拉去做砖，不知道可不可以？②我公司CASS池出水后有个清水消毒池，前些日突然有大片泥花间歇地从池底浮上来，持续有1个多小时，上去打捞时发现其状态基本上和污泥池里的浓厚状态差不多，不清楚是什么原因，一方面可能是排泥时间间隔太长，但具体的原因是什么还请指导。

**答复：**



（1）小型处理场，产泥量不大，可以采用填埋的方法，作为绿化增肥。

（2）可在绿化带挖出宽0.7m，深0.3m的沟槽，污泥填入后用原土覆盖即可。

（3）至于浮泥的问题，如果消毒池没有投加消毒剂，池内滋生生物膜或池底积泥，间隔一段时间会有这种情况产生的。究其原因，多半为老化脱落和缺氧后厌氧发酵上浮。

**问题123.** 我调试是工业废水，工艺为水解+厌氧+好氧池1+好氧池2+沉淀。由于安装问题，曝气池布气不均匀，每个曝气池（圆形）内，均有一个类似喷泉上下翻滚（直径1.2m左右），曝气池本来设计为曝气头曝气。问一下，曝气不均对处理效果有多大影响？曝气池（接触氧化池）直径8.2m，高7.5m。

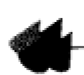
今天，我放完水，看了一下填料的情况。曝气区填料挂膜较少，且污泥活性低，曝气区外填料为淡黄色污泥，上长满深褐的污泥，镜检有大的后生动物，再外面为淡黄色的污泥，没有发现活动的动物。你能给我解释一下吗？

**答复：**

（1）曝气不匀肯定对处理效果有影响的，可能形成短流、局部沉淀等情况。当负荷达到设计要求时，出水超标将有可能发生。

（2）曝气池内培养初期，相对曝气过量会导致挂膜时间较其他地方延长；另外，曝气时水流的冲刷和剪切力也会使挂膜较其他地方容易剥落。

（3）贫养分情况下，后生动物的出现存在可能。在不受水流过分冲刷的地



方自然会挂膜很厚，超过 3cm 的也有可能出现的。再往后，养分更加不足，自然生物种类和数量会相对减少。

（4）UPVC 管的检修经验，我掌握的不是太多。

**问题 124.** 前一阶段为了解决漂泥，采取降低二沉池泥位，将泥排到汽浮处理。目前污泥浓度只有 2000mg/L 左右，而沉降比仍有 98% 左右，镜检看很少有丝状菌，反而有大量漫游虫，钟虫、荔枝虫也比较多。目前每天继续加施大粪，靠近氧化沟出水转刷低速，其余高速不间断（不知溶解氧高低，设备故障）。请问三丰老师这样做行吗？

**答复：**

（1）降低二沉池泥位（二沉池正常的排泥是需要的，不存在降低泥位的问题）。

（2）污泥浓度 2000mg/L，沉降比还有 98%？一般 2000mg/L 的污泥浓度，除了丝状菌膨胀或活性污泥夹有细小气泡导致压缩性降低外，应该不会有如此高的沉降比值。

（3）漂泥的产生多与冲击负荷、污泥老化有关。我想减少曝气量、降低活性污泥浓度后，应该会有好转的。

**问题 125.** 调节 pH 值用石灰石可以吗？现在沉降比提升了，是不是影响处理呢？现在白泡沫也少了一些了，但是还有一点的，能即时破开的。这正常吗？

**答复：**

（1）投加石灰石可以调节 pH 值。多量投加，会导致沉淀物中惰性物质（无机质）增多，对抑制泡沫产生能起到效果。但应调整排泥，不能过量堆积，否则，污泥活性降低，沉降效果不理想。

（2）易碎的泡沫，表示负荷趋于正常。

**问题 126.** 我们厂是奥贝尔氧化沟，常规数据 COD 400mg/L，DO 180mg/L，污泥龄 12d，浓度 2500～3000mg/L，回流 100% 左右。去年 11 月开始污泥膨胀，我们增加排泥，提高负荷，现在浓度 1800mg/L，泥龄 6d，回流比 80%，同时控制溶解氧，却不见明显效果。不知你怎么看？现在我们在二沉池加絮凝剂，希望能起到助沉的作用。

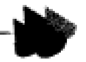
**答复：**

（1）复合提高是对的，溶解氧控制也需要到位，特别不要产生曝气死角。

（2）投加絮凝剂可以起到效果，但不要过量和长期投加，并且要多排出活性污泥。

（3）可以的话，组织一次高 pH 值废水对丝状菌进行清除。pH 控制在 10 左右，维持 3～4h，应该可以清除大部分丝状菌。

**问题 127.** 我厂在东北，采用 SBR 工艺，在冬季应如何培养？而且进水的 BOD/COD 都较低，进水溶解氧较高应该怎么办？



**答复：**

水温低于10℃时，通常培菌耗时较长，基本上是常温培菌的1~2倍。由于B/C比偏低，为缩短培养时间，在接种后，还是需要投加外加碳源的，投加量以理论计算控制B/C在0.5左右。随培菌的进行，外加碳源逐渐减少投加量，如每10d后减少10%的外加碳源量。溶氧控制，在满足搅拌的前提下，除开始培菌的2~3d足量曝气外，其余的时间里，DO控制在3mg/L左右即可。考察进水氮磷浓度后，正确调整营养剂投加也比较重要。

**问题128.** 用生物膜法处理废水，如果一直不排泥的话，出水COD会达标吗？也就是说：进水COD大概3000mg/L多—调节池—曝气池—沉淀池—曝气池—沉淀池—曝气池—加压生化塔—（回流一小部分）—微量曝气流化床—（各阶段一直不排泥）—出水。其中3个曝气池和生化塔、流化床都有半软性填料。

**答复：**

生物膜法的代表——生物转盘、生物接触氧化池、生物塔，运行过程不排泥的也有。因为剥落的生物膜最终溶解在水中，呈细小絮体排出，会略微提高出水各相关控制指标。这部分因素不易控制，也不必要控制。但是，进水水质以及物化段效果控制不好的，往往会有部分无机颗粒和不易降解的物质流入生化区，长时间的积累会对系统有一定的影响，其中，对生物接触氧化池的影响明显一点。综合认为，会有轻微影响，但不必在意。没有排泥仍可正常运转。



**问题129.** 那天我说我的COD是100mg/L左右，您说可以培养污泥，现在我把我厂的运行工艺和大体情况说一下，请指点。生活污水：COD 100mg/L左右，工艺为de氧化沟，现在处培菌初期（今天是第三天），氧化沟分4阶段。即每低速1.5h，高速2.5h，高速好氧时DO在3~4mg/L左右，低速在0.8~1.0mg/L。这几天二沉出水很混，为黄色，我疑污泥上浮。（说明：在我来厂前也就是前年去年厂里均进行过培菌，未果，而且我厂脱水机房到目前还没有投入使用。经了解，厂里从未排过泥也没有办法排，以前的泥都是经污泥泵房回流，现在二沉泥位非常高，我认为应该是污泥老化所致，应该尽快启用脱水机房排泥。）我的想法对吗？您觉得应该怎么解决好点？

**答复：**

（1）我现在的处理设备，进水COD也只有100mg/L左右，处理水量是设计的35%左右，运行效果还可以，COD去除率50%左右。

（2）由于原水是金属脱脂研磨和金属化学处理废水，B/C比很低。去除率有40%~50%我也很满意了。

（3）先前，由于污泥浓度提升困难，所以维持在MLSS在200mg/L左右。在不排泥的情况下，去除率20%左右。

（4）近半月通过废弃部分活性污泥，去除率明显上升。

**问题 130.** 我还有个问题希望得到你的指教，现在生物膜挂得很好！但是镜检发现里面微生物的数量几乎没有！

请问：

（1）是否与 C/N 比太低有关？还是生化池中 3mg/L 的 DO 太低？

（2）生化池中的泡沫很多且不易打散，这两者之间有何关系？

（3）如果重新培养，不增加碳源的话，是否还会故戏重演？如果正常的话，$COD/NH_3-N$ 的值应该是多少才合适？

**答复：**

（1）溶解氧正常。

（2）显微镜观察没有原生动物可能与水质种类有关。

（3）不易破碎的泡沫不知进水可有洗涤成分。一般低负荷生物老化也会有不易破碎的泡沫。

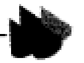
（4）你的碳源还是太少了，不利于生化系统运行，幸好是生物膜法，否则，活性污泥法更加不能运行了。

**问题 131.** 我是刚刚参加污泥培养工作的。今年五月初我厂开始培菌工作，到了二十来天的时候我们初步判定污泥有了成熟的样子，有大量的钟虫和累枝虫，出水 COD 60mg/L 上下，SV 为 12～13，MLSS 为 2000mg/L 多。然而就在连续多天的大雨之后，污泥突然发生上清液混浊，偏黄色，进水 COD 由原来的 300、400mg/L 变成了 100mg/L 上下，出水 COD 有时干脆高过进水的，污泥细小，$SV_{30}=9\%$ 左右，MLSS = 2000mg/L。我们初步判定是低负荷造成的非丝状菌膨胀，连续多天投加大粪之后未见好转。还有一直让我担心的是培菌期间 DO 一直在 6～9mg/L 之间，这会不会造成污泥的过氧化？另外期间我们都没有做过任何的污泥回流及排放，我的工艺是 SBR 工艺。这有没有可能会污泥老化呢？现在事情已经持续了 6 天都没有改观，镜检时发现除了单一的细小类似鞭毛虫在抖动和一些细小微生物外，钟虫数量剧减，一些看上去没有了活性，身上的抖动微生物好像在蚕食尸体，惨不忍睹。我应该采取什么措施才能解决这个问题呢？

**答复：**

基本上是进水量变大、污泥停留时间变短，导致絮体松散所致。待处理水量恢复，适当排泥即可，无需投加粪水。您看到的细小纤毛虫，基本上是水量突增，污泥停留时间变短时经常出现的滴虫或侧跳虫等非活性污泥生物。

**问题 132.** 我厂采用的是卡鲁塞尔式氧化沟，前一段由于进入工业废水造成污泥中毒，采用闷曝，加大曝气，加强排泥，可 MLSS 一直居高不下（6000～8000mg/L），$SV_{30}\%$ 在 70%～80%，进水 COD 在 200～400mg/L，为什么加大排泥 MLSS 却降不下去呢？



**答复：**

如果排泥没有问题的话，可以理解为在基数较大的情况下，还是采用原来的排泥量，就有可能排的量赶不上污泥增长的量。所以，开始时排大一点，慢慢递减，否则也容易看到突然一下子污泥浓度下降特别快。

**问题 133.** 我厂的污水处理运用的是 CASS 技术，废水通过机械格栅进调节池，然后再到气浮。气浮是蜗旋式气浮，通过加聚合氯化铝和聚丙烯酰胺来提出浮渣，清水直接进 CASS，通过生化后排出。请问：

（1）废水进调节池 pH 值一般在 6 ~ 9 之间，可是在调节池停留数小时后就会变成 4.5 ~ 5.5，我们并没有在调节池添加任何药剂。后来做过试验，废水进调节池后不到 1h（高液位），测得的 pH 值就偏酸，只有低液位运行才不会酸化，而且我们的调节池有预报系统。

（2）气浮提出的浮渣中含有大量的油脂，再到压滤机就怎么也压不出来，期间我们要用聚丙烯酰胺来聚凝，做小试的时候，聚凝效果很好的，可是一到带机上压的时候，带机就打滑，这是怎么回事？

（3）我们的 CASS 生化污泥已经培养起来了，可是污泥的生长速度太快了，10000mg/L 的 COD 进去后，不到 1 天半的时间，污泥就从 18% 涨到 35%，请问这是为什么？是不是 COD 过高的原因？



**答复：**

您的问题简单交流如下：

（1）调节池如果搅拌不是太充分，加之悬浮物较多时，容易发生水解酸化，继而发生废水 pH 值降低的情况。特别是进水有机物浓度较高，而天气又比较炎热时。

（2）有的问题用带机脱水自然效果欠佳，先期能够破乳的话可能能够提高效果。

（3）进水浓度高，气温高，微生物繁殖确实很快。还是加强排泥为好。

**问题 134.** 污水处理场分为老区和新区两部分。老区包括隔油、均质调节、浮选、生物滤塔和延时曝气。新区为生化处理和后序处理，主要是由两条奥贝尔氧化沟和生物活性塔组成。

工艺流程简述：来自生产装置的污水自流到格栅井，污水通过格栅首先截留污水中的粗大颗粒，再自流到一级隔油池、二级隔油池。隔油后污水经一级泵房提升到调节罐，水质稳定后经泵提升到一级全溶喷射气浮池，再自流到二级部分回流气浮池，进一步除去乳化油。二级气浮池处理后的污水分两部分。一部分进生物滤塔，经生物滤塔自流到延时曝气池进一步好氧氧化。经延时曝气处理后用泵提升到老区二沉池，进行泥水分离。分离后的水与另一部分浮选出水提升到氧化沟，最后通过活性碳过滤之后排放。

存在问题：

污水进水水质：

| 月份 | pH 值 | 含油 | 含硫 | 含酚 | COD | 氨氮 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 月 | 9.3 | 2307.5 | 40.5 | 126.0 | 3640.2 | 53.8 |
| 7 月 | 9.3 | 2602.9 | 36.3 | 109.9 | 5154.3 | 47.5 |
| 8 月 | 9.4 | 871.9 | 22.9 | 85.9 | 3250.5 | 39.3 |
| 9 月 | 9.4 | 497.0 | 30.4 | 127.9 | 3068.7 | 38.7 |
| 10 月 | 9.3 | 395.9 | 12.9 | 123.3 | 2217.3 | 34.6 |

生化部分：

氧化沟进水过于集中，大量进水直接分布于外沟，中沟和内沟进水很少，氧化沟缺少加碱设施。由于沟型原因，转碟之间的距离较长，存在充氧和推流的矛盾。曝气转碟机全开不仅能耗高而且充氧过剩，水中溶解氧不好控制；部分开启则活性污泥与污水混合不均，流动性能差，且容易出现活性污泥沉底死亡的现象。

**答复：**

(1) 生化系统对乳化油的去除效果偏差，还请强化物化系统的效果，特别是气浮前混凝的强化。

(2) 您列出的数据我有点看不明白，COD 如果达到 3000mg/L 以上的话，您的氧化沟处理确实是有点难度的。

(3) 既然最后设了活性碳塔，如果运行正常，出水 SS 指标应该没有问题。

(4) 有关氧化沟设备问题导致充氧和搅拌的矛盾，可考虑增加搅拌系统看是否可行。

(5) 污泥浓度的提高和进水浓度有关，没必要特意提升。

**问题 135.** 两级传统活性污泥法，曝气池中的微生物很少，如何在运行中提高微生物数量？污泥浓度高好像是微生物多了，但是不是废泥太多了？一般根据污泥浓度来排泥，高了才排，所以有时很久才排，影响大吗？

**答复：**

您的问题还是一个常识性问题。首先要了解排泥的目的，其次要了解活性污泥浓度和进水底物浓度的关系。

顺便补充一下，如果长时间不排泥，活性污泥将吸附大量惰性物质，最后导致污泥活性降低，出水夹带细小的活性污泥解絮颗粒（书上没有的，自我总结而已，仅供参考）。

**问题 136.** 我在陕西调试一家造纸废水工程，氧化沟工艺为：原水——次沉淀池—曝气池—二次沉淀池—排放，二次沉淀池回流污泥到一次沉淀池，曝气池采用射流曝气。从本月 10 号开始的，因为车间不能停止，我们采用把污水稀



释到 COD 500mg/L 开始加泥，并加粪开始培养。最初效果很好，能见到好多微生物，如累枝虫、钟虫等，后来慢慢加大进水量，同时也在提高 COD，每天提高 100 左右（因进水不好控制，只是大概）。现在进水 COD 900mg/L 左右（高时 980，低时 850），曝气池为 DO 值 2mg/L，pH = 7，$SV_{30}$ = 30% 左右，没有做 SVI，出水 COD 200mg/L 左右，二次沉淀池污泥全部回流值（粪和泥 28 号就停了），二次沉淀池悬浮物很少。曝气池容量比较大，为 15000$m^3$，实际进水每天只有 5000$m^3$，现在还没达到。甲方要求进水为 2000，出水 <450。

我想请教的问题是：

（1）在曝气池上有好多泡沫，由少到多慢慢颜色发黑，有点象是活性污泥，但不能确定，通过镜检发现微生物较少，只能发现累枝虫，请问是什么原因？

（2）根据现在的情况会发生污泥膨胀或污泥解体吗？

（3）根据调试进度，现在情况还敢把 COD 提高吗？是不是需要等一天观察？

**答复：**

（1）浮泥产生，确认曝气是否有死角；如果长时间产生泡沫，粘附活性污泥后，也有可能在时间长后发生浮泥变黑，但多见于丝状菌膨胀严重时。

（2）确认有无丝状菌膨胀，做 $SV_{30}$ 即可判断，加上显微镜观察效果更能确定了。



（3）目前你的进水浓度过高了，我想 500mg/L 以下慢慢启动为好，900mg/L 的话培菌正常运行后还差不多。

**问题 137.** 我有几个问题：① 在配菌时（投加污泥）DO 应维持在哪个范围内？② 二沉池里有很多浮萍，该怎么处理？③ 投加污泥后，颜色一般会在多少天后变为黄褐色？

**答复：**

（1）前两天全程曝气，接下来 DO 控制在 1.5 ~ 3.0mg/L 即可。

（2）浮萍并不表示你处理的水不好，彻底捞除后应该可以控制。

（3）控制得当，进水浓度合理的话 20 ~ 30d 左右可呈黄褐色。

**问题 138.** 我现在正调试一曝气生物滤池，厂家 24 号就停产放假了，怎么安排废水站比较好？

**答复：**

（1）如果有调节池的可以囤积部分废水，分次平均在假期处理一下。

（2）如果没有，只要 2 天一次去曝气一下即可。曝气方法为：开 30min 停 2h，有 8 ~ 10h 的周期即可。

（3）我不赞成停产期间投加碳源，因为比较浪费。微生物在停产期间会适应短时间的无废水流入状态，在 10d 的范围内停止进水，应该没有太大问题，复产后，会有 1 周的恢复期。

**三、交流实例总结**

通过100多条的问答式交流，相信读者也对活性污泥法的基本原理和常见问题有所认识了。将这些问答交流的问题汇总后会发现，尽管出现了各种活性污泥工艺的故障，但是在回答问题的时候，出发点和引用标准都是活性污泥的基本概念，特别是最具代表性的传统活性污泥法工艺中的基本运行管理方法和参数。

从所提问题分析发现，多数提问者对活性污泥基本原理的掌握并不充分，很多问题都是概念不清导致的。因此，读者有必要对本书中的活性污泥工艺控制重点章节进行细心体会，结合本章的实例问题交流，应该能够在一定程度上弥补自身的经验不足，并快速提高自身活性污泥法工艺的知识水平。



# 工艺控制管理者素质提升概要

污水、废水处理设施在建造阶段需要设计和施工人员严格把关，要最大限度保证建成后的设施符合实际生产运转需要。在运行过程中，设备故障的处理，则需要一支专门的队伍进行设备维修。而实际工作中最重要的一块管理，就是工艺控制管理了。作为工艺控制管理者，如何提高自身的管理水平，直接关系到对工艺故障的判断和调整。要具备较高的工艺故障控制水平，作为管理者来讲，必须具备一些必要的素质和管理手段、方法。本章就是重点阐述这方面的问题。

## 第一节　基础素质的具备

我们所指的基础素质是针对接触污水、废水处理所应具备的素质条件，这是理解污水、废水处理工艺所应具备的。

**一、理论知识的具备**

大多数的工艺控制管理人员是科班出身，在大学里接受过专门的污水、废水处理知识教育。给水排水工程、环境工程等专业都是污水、废水处理科班出身的摇篮。通过大学里的综合知识教育学习，工艺管理人员具备了基础性的整体分析能力，在理解污水、废水处理的要点上更加容易接受，也就为进一步在实践中理清和分析故障提供了有力的基础保证。

**二、实践知识的具备**

污水、废水处理工艺管理的实践知识是非常重要的。我们经常看到科班出身的新人，在参加工作后，在实践操作上面显得相当拘束，主要还是实践中很多现象和参数在教科书中没有或不完全的给与体现说明。自然，对于新人而言，就显得束手无策了。因此具备一定的实践知识，是工艺控制管理人员必备的素质。

## 第二节　试验数据的有效利用

试验数据的有效利用是判断工艺运行是否稳定的重要依据。污水、废水处理日常运行过程中，在设备现场和实验室，我们都能获得大量的数据。可以依靠这些数据来确认系统运行工况，改善工艺控制运行参数，诊断工艺运行故障。

## 一、如何在运行设施现场发掘所需要的数据

### 1. 设施现场可挖掘的数据

在设施现场我们通常可以挖掘到如下数据：活性污泥沉降比（$SV_{30}$）、溶解氧（DO）、回流比（%）、营养剂投加量等。

（1）活性污泥沉降比的有效利用。在众多的现场可挖掘试验数据中，最重要的现场数据莫过于活性污泥沉降比了。由于该数据对于系统运行的绝大多数工艺故障都能够给出很好的表现症状，因此工艺控制管理人员需要对这个参数格外引起注意，并努力掌握。

原则上，活性污泥沉降比试验是在生化池现场进行的，因为如果离开现场进行，途中移动的过程会发生活性污泥的絮凝沉淀现象。虽然走动时震动的存在不会对活性污泥的絮凝沉淀产生干扰，但仍然对整个絮凝沉淀造成影响，特别是上清液的清澈度影响。

我们对活性污泥沉降比的检测频率方面，基本掌握在每天 2 次，或每个班组 1 次，记录下上清液清澈度、液面浮渣情况、最终沉降比值等简单数据，以备阶段性的对比参考。当然，作为工艺运行的管理者，最好每天能够实地看一下沉降比沉降情况，做到心中把握有数。这对工艺控制管理人员对生化系统的总体把握是至关重要的。当然，我们也可以将沉降比值做成每日的曲线图表，以供在月度或季度时间段内观察活性污泥沉降比的演变趋势，结合其他工艺指标来对活性污泥运行状态和趋势进行把握，就可以很好的事前应对各类工艺运行故障了。



（2）溶解氧值在实践中的有效利用。活性污泥系统溶解氧的实时检测是很重要的。因为，溶解氧的充足与否直接而快速的影响到生化系统对有机物的去除率，通常是需要在生化池安装在线溶解氧监测设备。当班人员每次巡检时记录溶解氧参数是有必要的。

当然，在线溶解氧仪需要经常维护的，如果维护不到位，探头滋生生物膜后而影响检测值的准确性。为此，再次确认溶解氧监测值是否正确也很重要，否则错误的参数只会导致错误的操作指导。

（3）回流比值在实践中的有效利用。我们将进行泥水分离后的活性污泥回流到生化系统首端的时候，需要确定回流的流量。实践中，只要确认回流污泥管上的流量计显示值，再除以进入生化池的入流水量即可。

对回流比的控制，需要根据进流水量和进流水有机物浓度进行正比例调整，但是，实践中往往出现两个极端，一是从来没有调整过，二是过于频繁的调整。从来没有调整过的情况是操作人员没有认识回流比调整的具体意义，频繁调整虽然是根据进流水情况进行调整的，但是，操作人员却很难做到完全和进流水水质水量同步调整，反而容易出现反向调整和调整不到位的情况。为此回流比调整，在正常情况下，一周一次确认调整即可，当然在系统不正常的时候，就



需要及时调整回流比来应对系统运行故障了。

2. 实验室可挖掘的数据

实验室检测数据较多，大多数是国家要求控制的排放水水质指标。这些指标包括：该污水、废水处理厂排放水政府规定排放控制指标、活性污泥浓度（MLSS）、食微比（F/M），污泥容积指数、显微镜观察。

（1）该污水、废水处理厂排放水控制指标检测数据在实践中的有效利用。这一部分的实验室数据，我们主要是用来参考活性污泥系统对污染指标的去除率，通过放流出水指标和原水指标的对比即可达到去除率效果的确认，另外的一些指标也可以指导我们对工艺故障的解决处理。

（2）活性污泥浓度在实践中的有效利用。活性污泥浓度在工艺控制中至关重要，因为处理污水、废水的主体活性污泥，其浓度发生异常变化会迅速反应到放流出水方面，特别是误排泥等操作的及时发现都有赖于通过活性污泥浓度的确认。

本书建议每天对该指标进行实验室分析确认，因为，该参数还为污泥容积指数和食微比的确认提供必要的参数支持。采样和检测的时候要注意采样地点，检测时要注意摇匀。

（3）显微镜观察在实践中的有效利用。活性污泥的主体就是微生物，我们通过显微镜观察能够很好的了解微生物的活动状态，这是很多检测方法所不能比的。实践中需要我们每天对活性污泥进行一次检测，以便第一时间了解活性污泥系统的运行状态，特别是对多数敏感原生动物的观察，能够使我们较早的提出措施来应对运行故障，调整运行状态。



**二、每天你在现场需要做些什么**

作为工艺控制管理人员，每天需要在现场进行必要的观察和确认，以保证污水、废水处理系统的正常运行。通常需要做如下工作：

（1）每天至少两次到各处理系统的构筑物上走一圈，以了解生化系统和物化系统的运行概况，包括各阶段处理水色泽、絮体大小、液面浮渣、出水情况等。

（2）每天至少一次到药品间、污泥脱水房察看一遍，避免这些部位发生故障而在后期导致生化系统运行故障。

（3）每天至少两次进行活性污泥沉降比的现场检测。

通过以上现场确认，再结合其他工艺控制参数及项目，就能够在多个方面来验证和保证活性污泥系统正常运转了。

**三、实践工作中如何有效提高自身对专业知识的掌握**

和其他知识的学习一样，水处理知识也需要良好的理论基础和丰富的实践经历才会让你的能力达到一个较高的水平。但是，污水、废水处理方面更加需要实践经验的积累，也就是说，很多运行工艺故障都需要你亲身经历过，并经





过你亲自调整工艺参数，做出应对措施后才有可能使你充分掌握和认识。这就要求我们在平时的日子里，勤做笔记，特别是工艺故障前后各工艺控制参数值的确认，对综合分析工艺故障十分重要。而做出特殊调控措施的时候，往往前后工艺参数的记录也是必不可少的。就拿丝状菌杀灭采取的措施来说，如果你没有在采取杀灭动作的时候进行有效的工艺参数和效果的记录，那么很难将这些经验进行综合分析，最多是自己一时的掌握，对同行来讲无指导意义，对自己来说，时间长了也容易遗忘的。

另外一个重要的方面是认真分析故障原因。在需要数据参数验证的时候，自己要多动手去进行验证，而不是说实验室没有这个检测项目就不去追究了，那样的话对某个推断或结论就无法得到验证，自然也就无法在以后发生同类事情的时候，进行充分的应对了。

我们经常重复这样一句话，同样在污水、废水处理工作的技术管理人员，有的人已经在这个岗位上工作十多年了，你问他一些简单的专业知识，他会说不知道。而有的人，进入污水、废水处理厂后经常到现场了解运行工况，实验检测积极参与，那么他的知识水平可能不用两年就超过已经工作十多年的技术管理人员了。所以，只要大家用心去发现污水、废水处理工艺中的知识点，把它融会贯通，成为一个工艺控制专家也是很容易的一件事。



